哺乳类细胞的超微结构

图　谱

〔捷〕R. V. 克尔斯蒂茨 著

科学出版社

哺乳类细胞的超微结构

图　谱

〔捷〕R. V. 克尔斯蒂茨 著

侯家骥　别玉祥　卢　戈　卜积康
　　王先荣　刘秀丽　郑德明　译

科学出版社

1986

内 容 简 介

本书主要介绍哺乳动物（包括人）的各种细胞和间质的立体图象及功能。作者把光镜与电镜、平面与立体的图象巧妙地结合起来，精心绘制成线条图，并配以较详细的说明，使读者一目了然，易于理解。全书共有图版176幅，内容涉及细胞内各种细胞器、细胞表面和细胞外间隙的结构，以及细胞生理和细胞死亡等方面，是一本很好的教学参考书和实验辅助材料。可供生物学、医学、兽医学等领域的研究和教学人员，以及电镜工作者参考。

Radivoj V. Krstić

ULTRASTRUCTURE OF THE MAMMALIAN CELL

AN ATLAS

Springer-Verlag, 1979

哺乳类细胞的超微结构

图 谱

[捷] R. V. 克尔斯蒂茨 著

侯家骥 别玉祥 卢 戈 卜积康 王先荣 刘秀丽 郑德明 译

责任编辑 姜梦兰

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1986年5月第一版 开本：787×1092 1/16

1986年5月第一次印刷 印张：24

印数：0001—2,200 字数：547,000

统一书号：13031·3177

本社书号：4676·13—10

定价：5.60元

德 文 版 序

由于在一些科学领域如细胞学的文献中，现今照片起着重要的作用，这样由绘图组成的一本图谱可能看来不合时宜。然而经验告诉我们，绘制的图以其清晰见长，而且能描绘出三维空间的详细情况，所以对学生来说它比最佳的照片更为有用。因此，我绘制了最重要的细胞结构，特别着重于伴随出现的二维与三维形象。为的是向学生传达细胞结构组分的空间构型的概念。可是，这种教学设想总会造成一些重复。

本图谱的目的在于阐明哺乳类和人类细胞学特点。因此，其内容编排和其他细胞学及显微解剖学教科书一致。为了保持本书的特点，各图所附说明对每一特殊结构的重要细节均有简要解释。关于更详尽的资料，图谱后面附有一般参考读物的目录。

本图谱不可能完美无缺，因此作者欢迎任何形式的建设性批评，谨致衷心的感谢。

R. V. 克尔斯蒂茨

洛桑，1975 年 10 月

德文版前言

自从电镜研究使人们对细胞和组织的超微结构有了新的见解，对电镜照片进行分析已在研究人体和动物体的微细结构中起了重大作用。于是在尽力得到细胞及其特化物的空间和结构上的形象方面，医学和生物学的学生面临着用形态学标准来解释照片图形的复杂性。正如每一位大学教师所知，要想从切片中所见去获得立体图象，即使在光镜下也很难做到。

因此，象作者这样既有艺术天才又有丰富教学经验的电镜学家承担起用清晰的二维及三维图画来记录电镜生物形态学的代表性结构这一任务，应该受到欢迎。这本图谱除了是教科书的最有价值的补充以外，还对实验室工作提供了最可令人赞赏的帮助——它不能取代教科书，也不想取代教科书。此外，希望本图谱会激起未来的作者们从教学角度出发，对精美的绘图给以比通常更多的篇幅。我衷心祝愿克尔斯蒂茨教授的这本书获得它应有的广泛欢迎。

W. 巴尔格曼

基尔，1975年秋

英 文 版 序

本图谱德文版原著问世两年半以后，现在出版英文译本了。由于对德文版原著所作的书评中提出的建设性的评论和建议，有几处错误英文版中得到改正，若干图版作了修改，术语已改成最新的，并使之适合英语读者使用。

然而，最重要的另一个特点是开列了专门参考文献目录，几乎每个图版都附有这种目录，它们是帮助读者扩大理解的。

R. V. 克尔斯蒂茨

洛桑，1979年7月

目　　录

电镜技术导言…… 1

I. 细胞　一般描述

图版 1　一个分泌上皮细胞的图解形象 …… 4

II. 细胞的内部结构

图版 2　细胞核。形态与结构。（大鼠肝细胞）…… 8
图版 3　细胞核。形态与结构。（大鼠松果体细胞）……10
图版 4　细胞核。形态与结构。（人精子头部）……12
图版 5　细胞核。核的数目。[破骨细胞(多核细胞)。大鼠的软骨内骨化]……14
图版 6　细胞核。纤维性板。（大鼠微动脉的平滑肌细胞）……16
图版 7　细胞核。核周间隙与粗面内质网(rER)的立体图象……18
图版 8　核孔（大鼠的各种细胞）……20
图版 9　核的丢失（大鼠骨髓的正染性成红细胞）……22
图版 10　无核细胞（人类红细胞）……24
图版 11　核仁（大鼠松果体细胞）……26
图版 12　具有嵴的线粒体（大鼠肝细胞）……28
图版 13　具有嵴的线粒体（肾单位近曲小管的细胞）……30
图版 14　具有嵴的线粒体（人类精子）……32
图版 15　具有嵴的线粒体（大鼠心肌细胞）……34
图版 16　具有纵嵴的线粒体（大鼠肝细胞）……36
图版 17　具有嵴的线粒体。基本粒 ……38
图版 18　具有嵴的线粒体。立体图象 ……40
图版 19　具有嵴的线粒体。基本粒的立体图象 ……42
图版 20　具小管的线粒体（人睾丸的 Leydig 间质细胞）……44
图版 21　具小管的线粒体（大鼠肾上腺皮质束状带的细胞）……46
图版 22　具小管的线粒体。立体图象 ……48
图版 23　具小囊的线粒体（豪猪的肾上腺皮质细胞）……50
图版 24　具棱柱体的线粒体（大鼠大脑皮质的星形细胞）……52
图版 25　线粒体基质。形态上独立的结构。（大鼠和人的细胞）……54
图版 26　线粒体基质。形态上独立的结构。线粒体复制。（大鼠的各种细胞）……56
图版 27　高尔基器（大鼠小肠的吸收上皮细胞）……58
图版 28　高尔基器（大鼠垂体前叶的生长素细胞）……60
图版 29　高尔基器。立体图象 ……62

图版 30　高尔基区（大鼠甲状腺的 C 细胞）……64
图版 31　高尔基区。立体图象 ……66
图版 32　高尔基器-粗面内质网 -溶酶体(GERL) 复合体
（大鼠视上核的神经分泌细胞)……68
图版 33　GERL 复合体。立体图象 ……70
图版 34　高尔基器。顶体的形成。（人的精细胞）……72
图版 35　粗面内质网（大鼠的浆细胞）……74
图版 36　粗面内质网（大鼠疏松结缔组织的成纤维细胞）……76
图版 37　粗面内质网（大鼠连合下器官的上皮细胞）……78
图版 38　粗面内质网（大鼠连合下器官的应力刺激的上皮细胞）……80
图版 39　粗面内质网（大鼠松果体细胞）……82
图版 40　粗面内质网（大鼠甲状腺滤泡细胞）……84
图版 41　粗面内质网（大鼠肝细胞）……86
图版 42　粗面内质网（大鼠胃腺的主细胞）……88
图版 43　粗面内质网。一个胃腺细胞的立体图象 ……90
图版 44　粗面内质网（大鼠脊髓运动神经元的动质或尼氏体）……92
图版 45　动质。立体图象 ……94
图版 46　滑面内质网（大鼠肝细胞）……96
图版 47　滑面内质网。立体图象。（大鼠肝细胞）……98
图版 48　滑面内质网(人的 Leydig 间质细胞）……100
图版 49　滑面内质网。立体图象。（人的 Leydig 间质细胞）……102
图版 50　肌质网（大鼠的横纹肌纤维)……104
图版 51　滑面内质网。环层板。（大鼠卵母细胞)……106
图版 52　滑面内质网。环层板。（大鼠卵母细胞）……108
图版 53　滑面内质网。图版 52 环层板复合体的立体图象 ……110
图版 54　中心粒（大鼠神经垂体的垂体细胞)……112
图版 55　中心粒。立体图象……114
图版 56　溶酶体和过氧化物酶体（大鼠肝细胞)……116
图版 57　溶酶体和过氧化物酶体（大鼠的各种细胞)……118
图版 58　溶酶体。溶酶体功能图解……120
图版 59　初级溶酶体（大鼠的嗜酸颗粒细胞)……122
图版 60　多泡体（大鼠的各种细胞)……124
图版 61　特殊的内皮细胞细胞器(人虹膜的毛细血管）……126
图版 62　微管。立体图象……128
图版 63　微管（人的精子细胞)……130
图版 64　微管（大鼠的各种细胞)……132
图版 65　微管（大鼠的血小板)……134
图版 66　微管。神经小管。（大鼠小脑的神经细胞)……136
图版 67　微丝。张力丝。（人表皮棘细胞层细胞)……138

图版 68　微丝。神经胶质丝。(大鼠大脑皮质的纤维性星形胶质细胞) ……140
图版 69　微丝。肌丝。(大鼠的不完全收缩状态的骨骼肌纤维) ……142
图版 70　微丝。肌丝横切面。(大鼠的不完全收缩状态的骨骼肌纤维) ……144
图版 71　微丝。肌丝。(静止和收缩状态的横纹肌原纤维) ……146
图版 72　微丝。肌丝。(大鼠空肠平滑肌细胞的纵切面) ……148
图版 73　微丝。肌丝。(大鼠空肠平滑肌细胞的纵切面) ……150
图版 74　微丝。(大鼠甲状腺的 C 细胞) ……152
图版 75　色素。黑色素。(小鼠毛囊的黑色素细胞) ……154
图版 76　色素。黑色素。(人虹膜的黑色素细胞) ……156
图版 77　色素。脂褐素。(大鼠和豚鼠的各种细胞) ……158
图版 78　脂类(大鼠的棕色脂肪组织细胞) ……160
图版 79　脂类(大鼠的白色脂肪组织细胞) ……162
图版 80　脂类。图版 79 脂肪细胞的立体图象 ……164
图版 81　结晶体(人睾丸 Leydig 间质细胞) ……166

III. 细 胞 表 面

图版 82　细胞膜或质膜(大鼠的空肠上皮) ……170
图版 83　细胞膜(大鼠的甲状旁腺细胞) ……172
图版 84　细胞膜。三层结构 ……174
图版 85　细胞膜。冷冻蚀刻后的外貌和分子结构的假设模型 ……176
图版 86　细胞膜。周围神经系统的髓鞘形成图解 ……178
图版 87　有髓和无髓神经纤维(大鼠的坐骨神经) ……180
图版 88　有髓和无髓神经纤维的模式立体图象 ……182
图版 89　细胞膜。中枢神经系统的髓鞘形成。立体图象 ……184
图版 90　细胞膜。基底迷路。(大鼠肾单位的远曲小管细胞) ……186
图版 91　细胞膜。从巨核细胞形成血小板。(大鼠的骨髓) ……188
图版 92　细胞内的细胞膜贮备(移行上皮的表浅细胞和壳层。大鼠的排空膀胱)
……190
图版 93　糖盏(大鼠肾单位的近曲小管细胞) ……192
图版 94　表面活化剂(大鼠肺的肺泡上皮) ……194
图版 95　基板(大鼠角膜的后基膜) ……196
图版 96　基板(大鼠肾的肾小球毛细血管) ……198
图版 97　小皮(大鼠卵母细胞的透明带) ……200
图版 98　小皮(大鼠眼的晶体囊) ……202
图版 99　小皮(成釉质细胞和釉质。新生大鼠的牙的发育) ……204
图版 100　微绒毛(大鼠空肠上皮细胞的纹状缘) ……206
图版 101　微绒毛(大鼠空肠上皮细胞的纹状缘) ……208
图版 102　微绒毛(大鼠肾单位近曲小管上皮细胞的刷状缘) ……210
图版 103　微绒毛(大鼠的甲状旁腺细胞) ……212

图版 104　微绒毛(人睾丸的淋巴毛细管) ……214
图版 105　静纤毛(大鼠副睾管上皮细胞) ……216
图版 106　感觉毛[大鼠考蒂氏（Corti）器的感觉细胞] ……218
图版 107　感觉毛。立体图象。(大鼠考蒂氏器的感觉细胞) ……220
图版 108　感觉毛(大鼠椭圆囊斑的感觉细胞) ……222
图版 109　空肠上皮细胞的连接复合体。立体图象 ……224
图版 110　细胞间连接(大鼠气管的和空肠的上皮细胞) ……226
图版 111　细胞间连接。闭锁小带。(大鼠空肠上皮细胞的冷冻蚀刻标本) ……228
图版 112　细胞间连接(大鼠疏松结缔组织的纤维细胞) ……230
图版 113　细胞间连接。闭锁小带和融合膜的比较 ……232
图版 114　细胞间连接。融合膜。(大鼠的心肌纤维)立体图象 ……234
图版 115　细胞间连接。桥粒。(人表皮的颗粒细胞层和大鼠的后腮体) ……236
图版 116　细胞间连接(人表皮的棘细胞层) ……238
图版 117　细胞间连接(人精子细胞间的细胞间桥) ……240
图版 118　基底面的特化物(复层扁平上皮的基细胞。大鼠的舌和角膜) ……242
图版 119　突触(大鼠的大脑皮质神经元) ……244
图版 120　突触。一个神经元的立体图象 ……246
图版 121　轴体突触(大鼠脊髓的多极神经元) ……248
图版 122　轴树突触(大鼠的大脑皮质) ……250
图版 123　突触(一个突触终扣的立体图解) ……252
图版 124　突触(大鼠的小脑皮质) ……254
图版 125　树突的棘器(大鼠的小脑皮质) ……256
图版 126　突触带(突触板层)。(大鼠的视网膜) ……258
图版 127　突触棒(大鼠的松果体细胞) ……260
图版 128　突触棒和突触带。立体图象 ……262
图版 129　神经肌肉连接(大鼠膈肌中的运动终板) ……264
图版 130　神经肌肉连接。立体图象 ……266
图版 131　神经肌肉连接(大鼠空肠平滑肌细胞和自主神经纤维的末梢) ……268

IV. 细胞外间隙

图版 132　细胞外成分。胶原纤维。胶原合成。(大鼠成纤维细胞) ……272
图版 133　细胞外成分。胶原纤维。胶原结构单位的生物合成。立体图象 ……274
图版 134　细胞外成分。胶原纤维。胶原微纤维。生物合成和分子结构 ……276
图版 135　细胞外成分。长间距胶原。(大鼠的连合下器) ……278
图版 136　细胞外成分。弹性纤维。(大鼠的疏松结缔组织) ……280
图版 137　细胞外成分。弹性纤维。(大鼠肺泡壁) ……282
图版 138　胶原原纤维和基质钙化(大鼠软骨内骨化区及未脱钙骨中的成骨细胞)
……284
图版 139　已完成的钙化(大鼠的骨细胞) ……286

V. 细胞生理学

图版 140 有丝分裂。前期。(大鼠卵巢内次级卵泡的卵泡上皮细胞) ……290
图版 141 有丝分裂。早中期。(大鼠卵巢内次级卵泡的卵泡上皮细胞) ……292
图版 142 有丝分裂。中期。(大鼠卵巢内次级卵泡的卵泡上皮细胞) ……294
图版 143 有丝分裂。晚后期。(大鼠卵巢内次级卵泡的卵泡上皮细胞) ……296
图版 144 有丝分裂。末期。(大鼠卵巢内次级卵泡的卵泡上皮细胞) ……298
图版 145 减数分裂。前期。细线期。(大鼠的精母细胞) ……300
图版 146 减数分裂。前期。晚合线期。(大鼠的精母细胞) ……302
图版 147 微胞饮和巨胞饮作用(人的虹膜毛细血管内皮细胞和大鼠肝脏的枯否氏细胞) ……304
图版 148 微胞饮(大鼠的各种毛细血管内皮细胞)。微胞饮作用的有衣小泡(大鼠甲状旁腺细胞)……306
图版 149 微胞饮作用(大鼠甲状腺的有孔毛细血管) ……308
图版 150 微胞饮(大鼠棕色脂肪组织中的连续毛细血管) ……310
图版 151 微胞饮。囊泡形成。(平滑肌细胞)立体图象 ……312
图版 152 变形运动(细胞培养中的大鼠巨噬细胞) ……314
图版 153 蛋白质合成。立体示意图 ……316
图版 154 分泌。图解说明 ……318
图版 155 分泌。漏出分泌型。(大鼠胰腺的外分泌细胞) ……320
图版 156 顶分泌(大鼠授乳期乳腺上皮细胞) ……322
图版 157 全分泌(人的皮脂腺细胞) ……324
图版 158 角化(人的表皮) ……326
图版 159 角化。续图版 158 ……328
图版 160 排泄途径。细胞内小管。(大鼠胃腺的壁细胞) ……330
图版 161 排泄途径。细胞间小管。(大鼠肾小球旁器官的致密斑细胞) ……332
图版 162 排泄途径。细胞间小管。(大鼠的肝细胞) ……334
图版 163 内分泌。(大鼠甲状腺的C细胞) ……336
图版 164 内分泌。含激素颗粒的胞吐作用。(大鼠的各种细胞) ……338
图版 165 介质(人的疏松结缔组织的肥大细胞) ……340
图版 166 自噬作用。局灶性细胞质的退变。(大鼠的间充质细胞) ……342
图版 167 自噬作用。分泌物的吞噬作用。(大鼠的各种内分泌细胞) ……344
图版 168 异噬作用。微噬作用。(多形核嗜中性白细胞。大鼠创伤的愈合) ……346
图版 169 异噬作用。巨噬作用。(大鼠间充质的巨噬细胞) ……348
图版 170 动纤毛(大鼠气管的纤毛上皮细胞) ……350
图版 171 动纤毛。立体图象 ……352
图版 172 动纤毛的衍生物(大鼠嗅上皮中感觉细胞的嗅纤毛) ……354
图版 173 动纤毛的衍生物(大白鼠视网膜杆细胞的外节) ……356
图版 174 精子的鞭毛(人的精子) ……358

VI. 细 胞 死 亡

图版 175 增殖区的活软骨细胞(大鼠的软骨内骨化) ……362
图版 176 钙化区的死软骨细胞(大鼠的软骨内骨化) ……364
一般参考文献 ……366
原书目录 ……367

电镜技术导言

本图谱中的图象是根据大量精心挑选的取自生物材料的电镜照片绘制成的。因为所附的图版说明中经常提到材料是如何得到的，所以需要对电镜检查和电镜技术作简要叙述。

1.固定　为了适应电镜检查，与光镜检查一样需要将新鲜组织浸入化学溶液中加以稳定。即浸泡固定法。不过，用固定剂注入麻醉情况下的循环系统，可获得更好的结果，即灌注固定法。已证明，1—6% 的戊二醛溶液是特别有用的固定剂。然后将组织块立即后固定于 1—2% 四氧化锇。各种细胞与组织结构的反差是通过它们对某种重金属（如锇）的不等亲和力来获得的。这样，任何一种特定结构就或多或少能被电子束穿透。通过用铅、铀或钨等重金属盐类来处理超薄切片可获得进一步的反差。所以，电镜检查下的反差就是组织结构的改变了的密度，代替光镜检查用的颜色差别。

2.电镜检查的组织制备　生物材料作电镜检查的先决条件是制备的切片要薄到电子束可以通过（透射电镜术，即 TEM）。经过几个必要的步骤后，须将固定材料包埋到可以切片的合成性介质（Araldite，Durcupan，Epon，Maraglas 等）中。用此种合成包埋物代替光镜所用的石蜡。

用一种特殊的切片仪器，即超薄切片机，可切出平均 300—600 Å* 厚的薄片，然后将这些薄切片转移到很细的金属网上，用重金属盐做反差处理，并放入电镜，盖在金属网空格处的区域就可用来进行不同放大倍率的观察与拍照。小的细节可通过随后将负片放大而加以显示。

电镜的分辨力可达到 3 Å，就是说，观察者能够分辨出物象内间隔 3 Å 的两个点。不过，由于技术上的原因，应用于医学和生物学中的分辨力限于 10—15 Å。

分散的小粒如病毒，或结构成分如胶原微原纤维，可贴在固定金属网上，并在高真空下暴露在从一个点上以一定角度散发出的金属蒸气中。所造成的荫蔽效果使各种结构形成浮雕影象。

在检查各种表面结构如细胞膜或各种连接装置时，冷冻蚀刻技术起着重要作用。将标本浸入并短暂冻结于液氮（−196℃）中，随即在高真空的低温（−100℃）中打碎，断裂面显露出微型浮雕状，由于随后表面冰层升华成蒸气而使浮雕更突出，称为蚀刻过程。然后用碳或铂蒸气喷镀到冷冻-断裂-蚀刻面上。结果产生金属膜，即表面形象的精确复制品，可以从组织表面脱下，用电镜进行检查。

用扫描电镜（SEM）技术可看到结构的立体图象，而这在常规切片中只能看到一个侧面。在扫描电镜中，一束电子扫过已预先干燥并有金属镀膜的组织表面，在它撞击表面时产生第二次电子，它们被收集起来，并且它们携带的信息被一个显象管显现出来和（或）被拍摄下来。

---

* 1 Å = 10^{-10}m，下同。——译者注

1. 细　胞

一　般　描　述

图版 1　一个分泌上皮细胞的图解形象

哺乳类细胞是真核型细胞，它们具有形态学上独立的核。

图内核(1)与其核仁(2)位于细胞中央部分。核周围有核周间隙(3)，以及众多圆形的核孔(4)。

核左侧的核周间隙与粗面内质网(5)相连续(箭头处)，粗面内质网的外表面密布核蛋白体(6)。粗面内质网(rER)形成包绕核的复杂迷路并扩展到细胞的上方。在左侧细胞膜和粗面内质网池之间有三个被切开的线粒体(7)。其它散布于细胞各处的完整线粒体由于它们的卵圆形态很易辨认。

核的右侧有高尔基器(8)，它主要由平行排列的许多扁囊组成，周围形成许多内含分泌物的小泡(9)及大泡(10)。在核上方有许多分泌颗粒(11)，其中有些被切开，以显示其密度不同的细颗粒状内含物。有两个分泌颗粒已与细胞顶部的质膜融合，并已排出其内含物(12)。在细胞上方表面处有三个开口(13)，其它的分泌颗粒通过此处同样排出内含物。

在核的左上方有一个具有非均质内含物的溶酶体(14)。

紧靠核上方是中心粒(15)，存在于星状的微管群(16)中央。其它微管散布于细胞各处。

细胞膜或胞质膜(17)在细胞的顶部向外伸出许多突起，或微绒毛(18)，顶部还有连接各细胞的闭锁小带(19)。此外，细胞膜还形成许多微胞饮泡(20)。

在本图靠近顶部的每一侧还展现出桥粒的一半(21)，它们具有向细胞质基质中放射的张力微丝。在各细胞组分之间充满细胞液，称胞质基质或透明质。细胞底端位于基板上(22)。

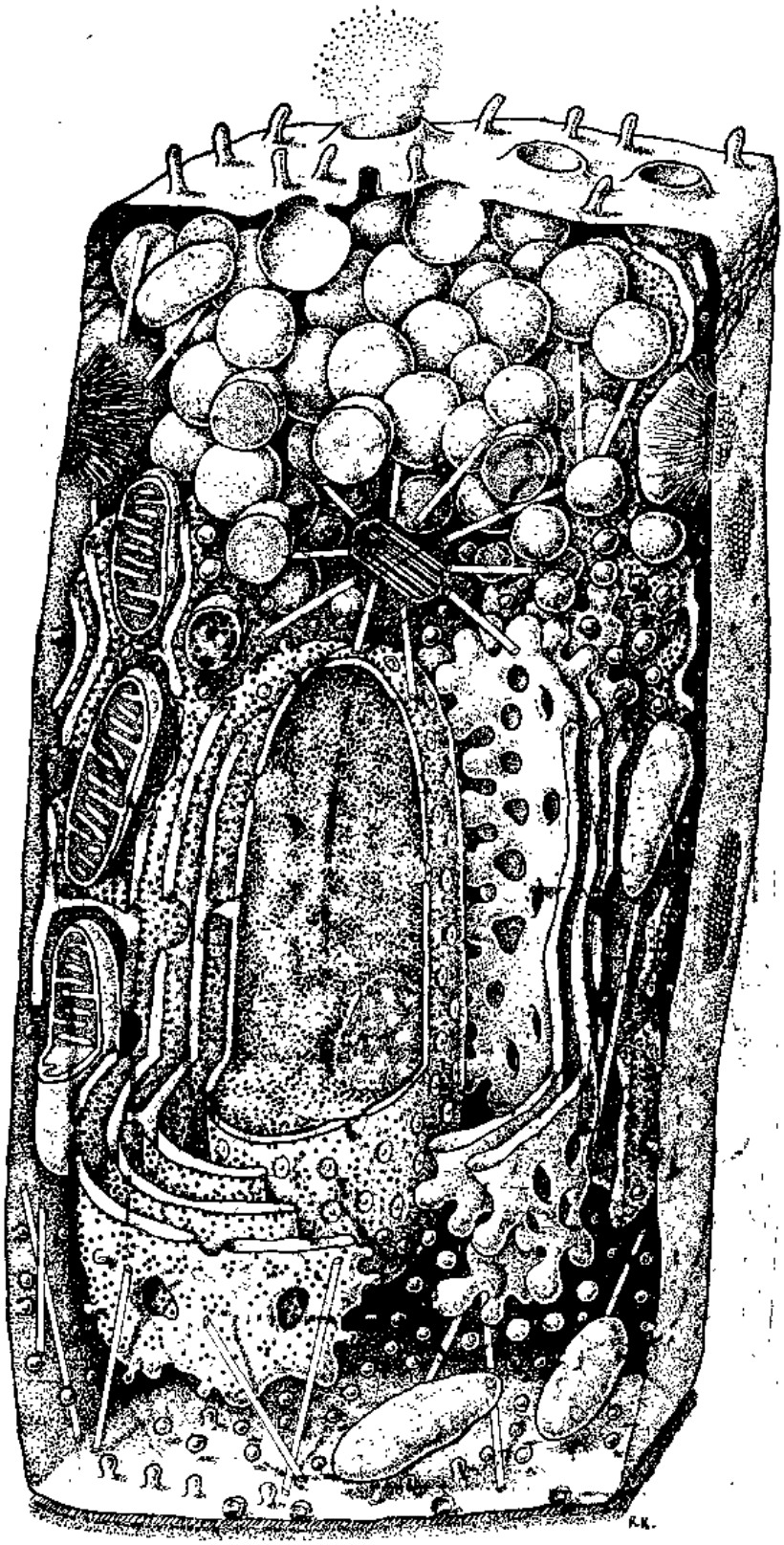
放大：×7,500

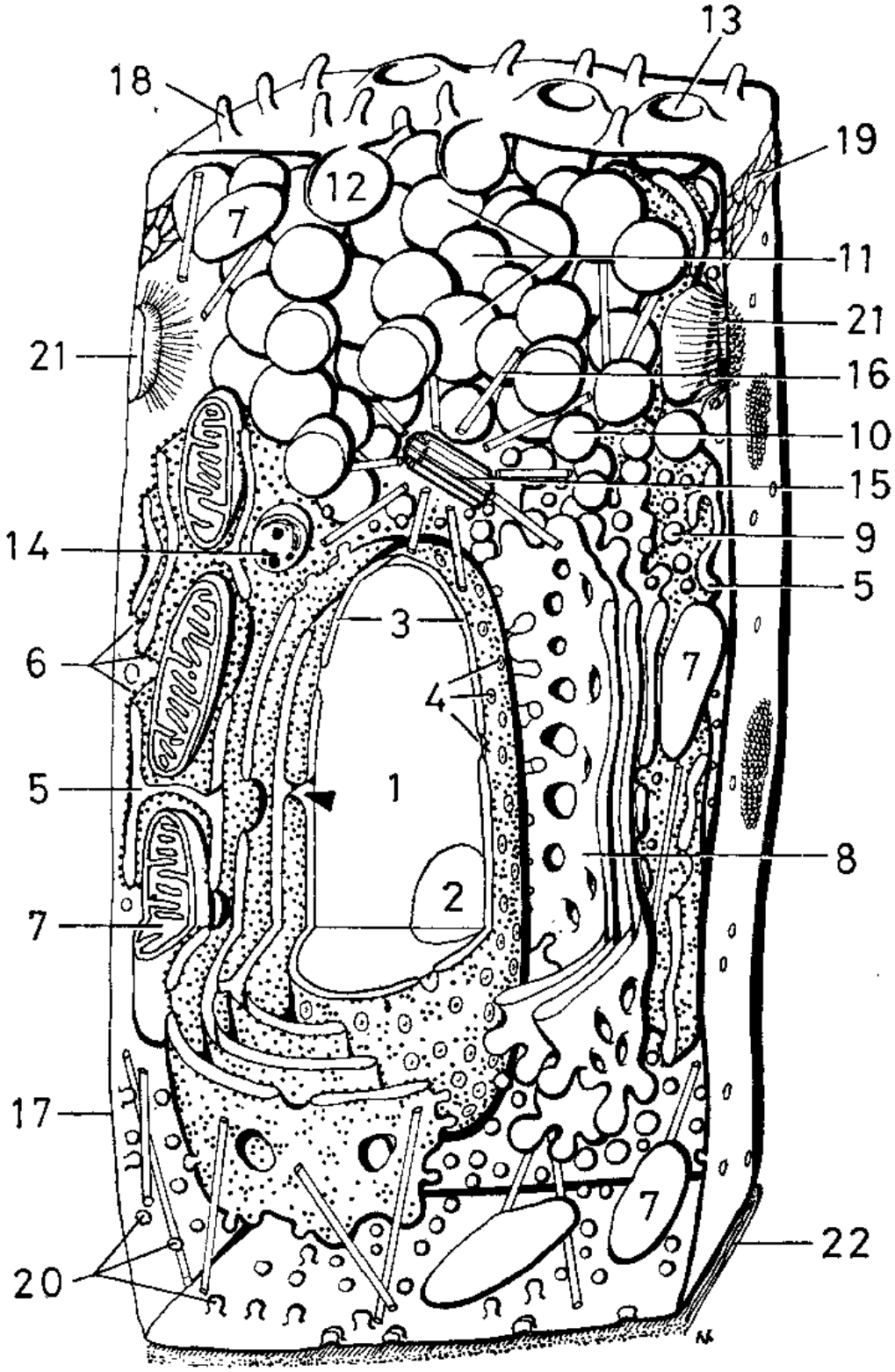
(本图谱中所列的放大倍率只是想给予一个相近的尺度概念，而不一定很精确。)

参　考　文　献

Willmer, E. N.: The cells as a unit. In: The cell in medical science. Beck, F., Lloyd, J. B. (eds.), Vol. 1, pp. 3—37. London, New York: Academic Press 1974

(并请参看本书最后所列的一般参考文献)




13
18
19
12
7
11
21
21
16
10
15
14
9
5
3
6
7
4
5
1
8
2
7
17
7
22
20

II. 细胞的内部结构

图版 2　细胞核。形态与结构。（大鼠肝细胞）

最显著的细胞结构，即细胞核，除红细胞外存在于所有细胞中。核大部分为球形或卵形并被一个膜性囊包裹，此囊的内层代表核膜(1)。外层(2)密布核蛋白体，是粗面内质网(3)的一部分。这两层膜共同构成核包被或核膜。两膜之间有 150—300 Å 宽的核周间隙(4)，它和粗面内质网相连续(箭头)，但在许多核孔处(5)间隙中断，如图版 1 中所示。

核内有核仁(6)与染色质。用适当的固定和造成反差的方法能看到两类染色质。一类为异染色质(7)，是由直径为 100—150 Å 的嗜锇颗粒和粗为 50 Å 的细丝组成，通常位于核膜与核仁附近。后者被称为核仁周围染色质。在异染色质块之间有常染色质，或称中间染色质(8)。其电子密度低，似乎在代谢上非常活跃。

核含有脱氧核糖核酸（DNA），这是决定细胞活性的遗传物质(详见生物化学与分子生物学教科书)。核的核糖核酸（RNA）内容物存在于核仁中。

注意粗面内质网的众多的扁池，线粒体(9)、过氧化物酶体(10)及核附近的很致密的糖原颗粒(11)。

放大：×17,000

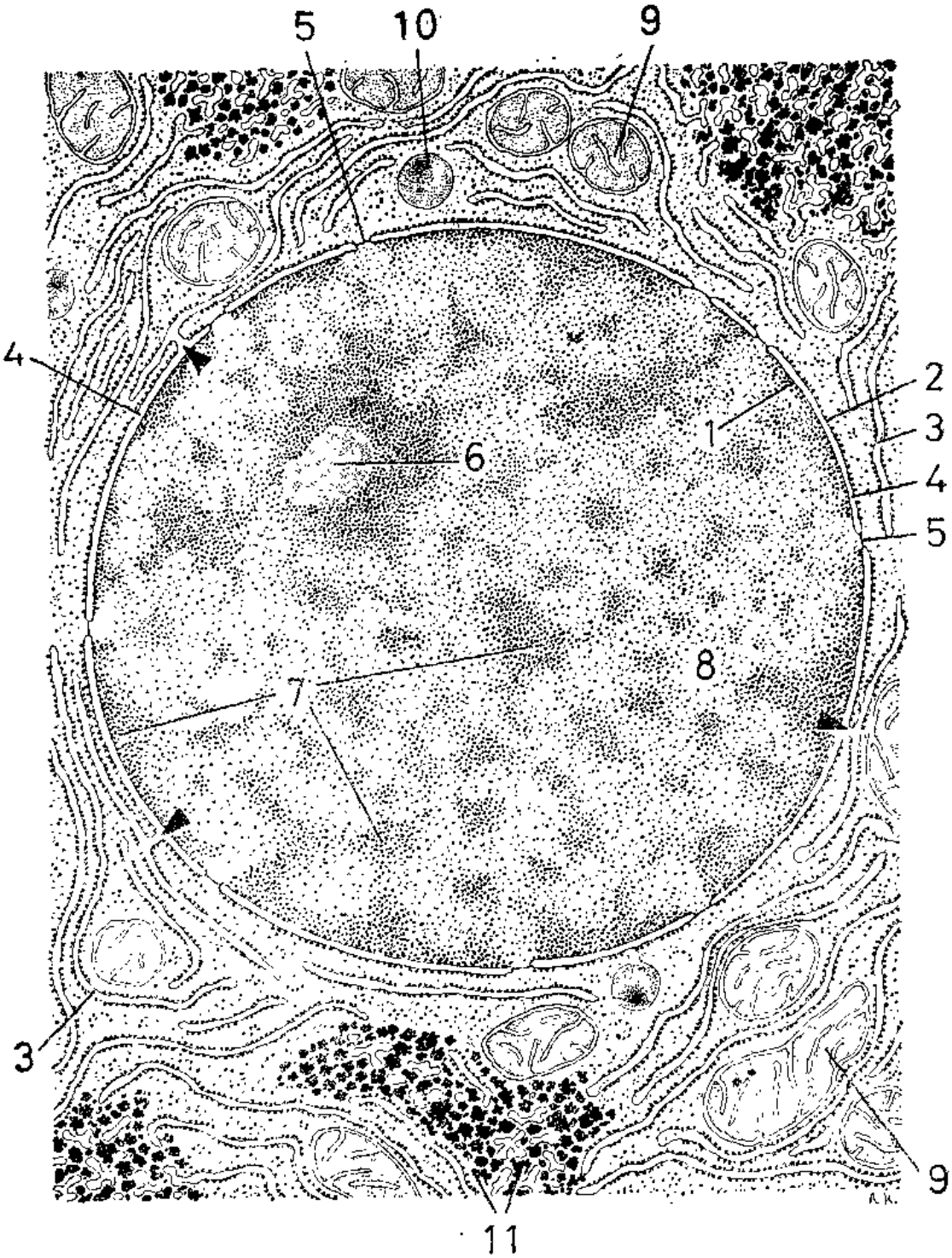
参　考　文　献

Back, F.: The variable condition of euchromatin and heterochromatin. *Int. Rev. Cytol. 45*, 25--64 (1976)

Mitchison, J. M.: Some functions of the nucleus. *Int. Rev. Cytol. 19*, 97—110(1966)

Novi, A. M.: Molecular basis of a control mechanism of DNA synthesis in mammalian cells. *Klin. Wochenschr. 54*, 961—968 (1976)

Wiener, J., Spiro, D., Loewenstein, W. R.: Ultrastructure and permeability of nuclear membranes. *J. Cell Biol. 27*, 107—117(1965)


5
10
9
4
2
1
3
6
4
5
8
7
3
9
11

图版 3　细胞核。形态与结构。（大鼠松果体细胞）

在功能很活跃的细胞中核常呈不规则形态，从而借增加表面积以适应功能的需要。图示大鼠的一个松果体细胞的这种核，具有突起(1)和凹陷(2)，染色质很少见到，只偶而见到异染色质块(3)，但核仁周围染色质(4)和核仁(5)很清楚。注意核仁丝 (6) 与核仁的无定形部分(7)。

放大：×30,000

参　考　文　献

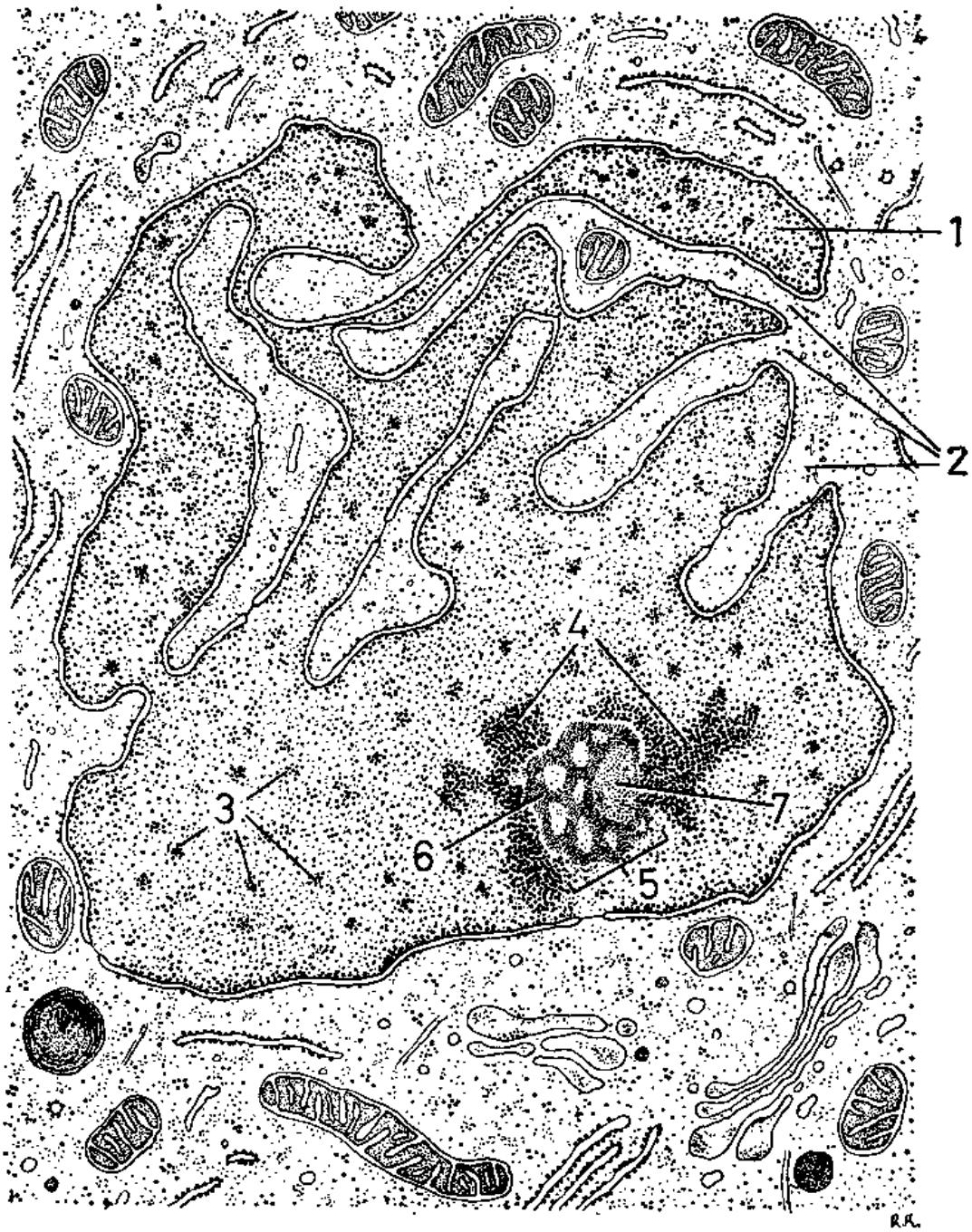
Blondel, B., Tolmach, L. J.: Studies on nuclear fine structure. There phases of the HeLa cell cycle. *Exp. Cell Res. 37*, 497—501 (1965)

Dalton, A. J., Haguenau, F. (eds.): The nucleus. New York: Academic Press 1968

Derenzini, M., Novello, F., Pession-Brizzi, A.: Perichromatin fibrils and chromatin ultrastructural pattern. *Exp. Cell Res. 112*, 443—454(1978)

Mathias, A. P.: The nucleus. In: The cell in medical science. Beck, F., Lloyd, J. B. (eds.), Vol. I. pp. 105—142. London, New York: Academic Press 1974

Monneron, A., Bernhard, W.: Fine structural organisation of the interphase nucleus in some mammalian cells. *J. Ultrastruct. Res. 27*, 266—288 (1969)


1
2
3
4
5
6
7

图版 4　细胞核。形态与结构。（人精子头部）

精子头绝大部分由核构成，它的形状反映出细胞活动的流体力学型，使它在女性生殖道内对液体的阻力减到最小，并便于穿过透明带（图版 97）进入卵内。

核的顶端（1）被顶体（2）覆盖（图版 34 及 174），两者又都由细胞膜（3）包被。顶体和细胞膜以及顶体和核周间隙（4）被裂缝状间隙分开。这一区域处既无核孔也无核蛋白体。只有朝向精子颈部（6）处才有核孔（5）。核的底部微凹陷，同基板（7）一起形成连结头和鞭毛的一种关节（图版 14）。

精子的核蛋白质非常致密，偶而能见到核内有透明区（白箭头），称核空泡。据信，浓缩的染色质可更好地保护染色体组（细胞的整个遗传组成）免受可能遇到的物理的与化学的损害。

核只含有一套染色体的一半（单倍体），从而一个人的精子的染色体组成包含 22 个常染色体和一个 X 或一个 Y 性染色体。不过，即使在电镜下也不能确定某个精子内是含有哪一个性染色体。

在颈段，分节柱（8）形成一致密的小头，它与一个微凹陷的种植窝相贴附（图版 14）。注意近端中心粒（9）及远端中心粒（10）的残余。外致密纤维（11），由中央和周围微管组成的轴丝（12），以及螺旋状排列的线粒体（13）鞘，均在图内显示。

放大：×25,000

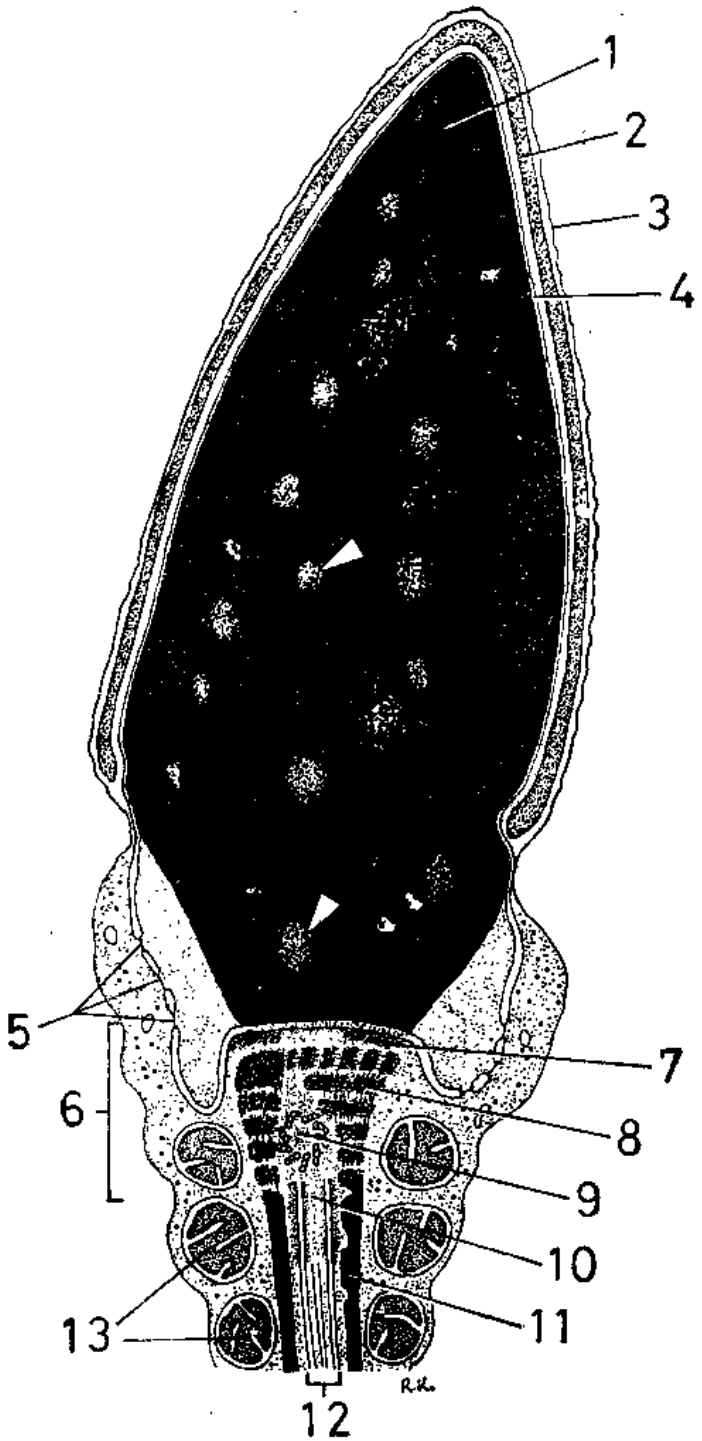
参　考　文　献

Evenson, D. P., Witkin, S. S., De Harven, E., Bendich, A.: Ultrastructure of partially decondensed human spermatozoal chromatin. *J. Ultrastruct. Res. 63*, 178—187 (1978)

Fawcett. D. W., Phillips, D. M.: The fine structure and development of the neck region of the mammalian spermatozoon. *Anat Rec. 165*, 153—184 (1969)

Fawcett, D. W.: The mammalian spermatozoon. *Dev. Biol. 44*, 395—436(1975)

De Kretser, D. M.: Ultrastructural features of human spermiogenesis. *Z. Zellforsch. 98*, 477—505(1969)


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13

图版 5　细胞核。核的数目。[破骨细胞(多核细胞)。大鼠的软骨内骨化]

特别活跃的细胞偶而能有一个以上的核。如肝细胞、胃腺的壁细胞,以及泌尿道移行上皮的表层细胞都是这样。

正常状态的破骨细胞是一个多核细胞。本图的切面中共切到五个核(1),其异染色质丰富并有明显的核仁(2)。巨大胞体内含有广泛分布的粗面内质网(3),多个高尔基复合体(4),许多线粒体(5)与溶酶体(6)。

破骨细胞有吸收骨(7)的能力,在此过程中,细胞与强嗜锇的钙化基质相接触处长出大量微绒毛(8),从而增加吸收面,故称为褶缘。高放大倍率下(右上图),在处于吸收过程的微绒毛之间可见针状羟磷灰石结晶(9)。

放大: ×4,000; 右上图×12,000

参　考　文　献

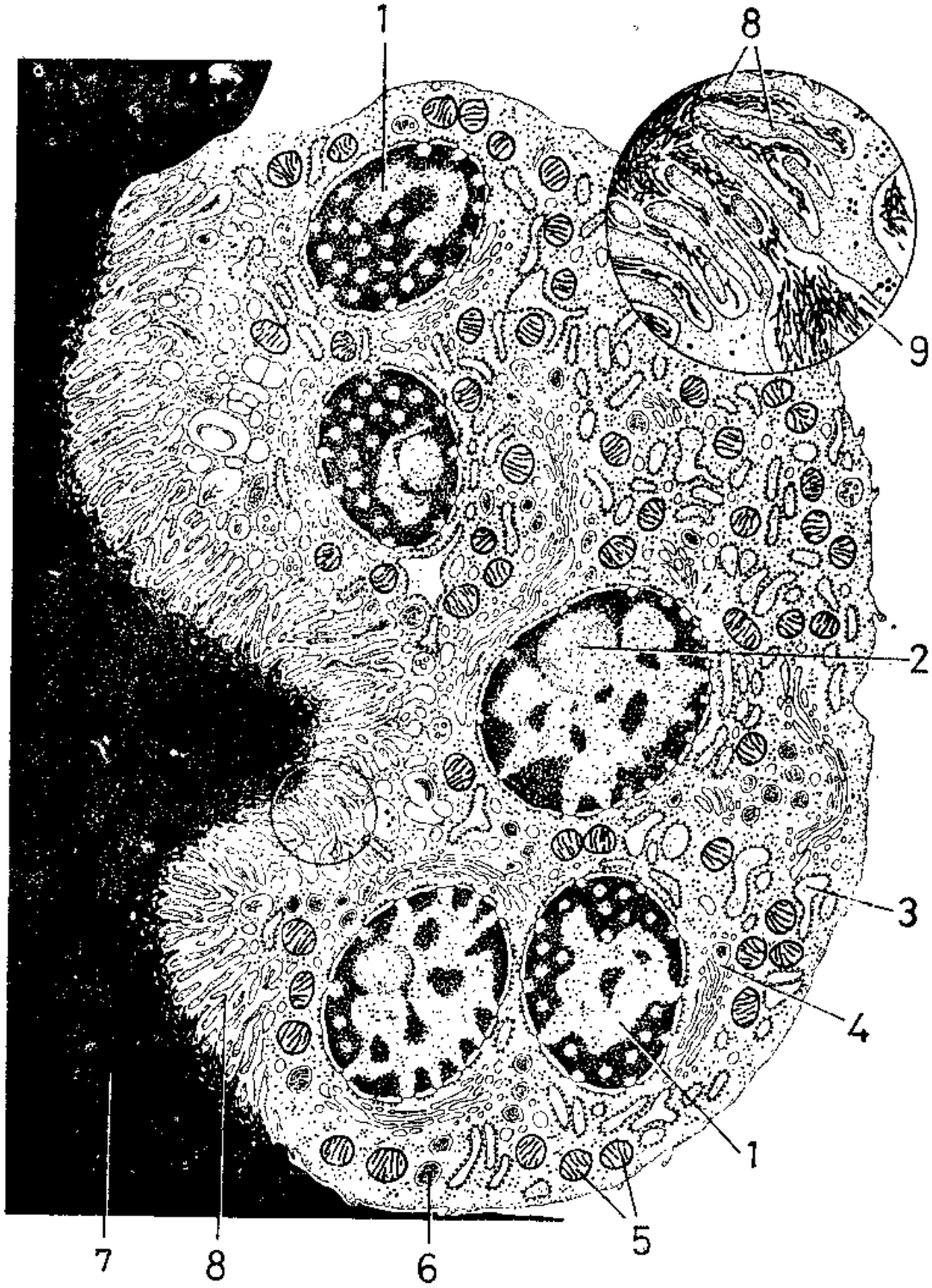
Hall, B. K.: The origin and fate of osteoclasts. *Anat. Rec. 183*, 1—12 (1975)

Kallio, D. M. Garant, P. R., Minkin, C.: Evidence of coated membranes in the ruffled border of the osteoclasts. *J. Ultrastruct. Res. 37*, 169—177 (1971)

Knese, K. -H.: Osteoklasten, Chondroklasten, Mineraloklasten. Kollagenoklasten *Acta Anat. 83*, 275—288 (1972)

Owen, M.: The origin of bone cells. *Int. Rev. Cytol. 28*, 213—238 (1970)

Scott, B.: The occurrence of specific cytoplasmic granules in the osteoclast. *J. Ultrastruct. Res. 19*, 417—431 (1967)


1
8
9
2
3
4
1
5
7
8
6

图版 6　细胞核。纤维性板。（大鼠微动脉的平滑肌细胞）

A. 一个平滑肌细胞的横切面。下图为方框区的高放大倍率。

B. 纤维性板(1)又称核界膜小带，是一宽 200—600 Å，将核膜内层(2)与异染色质(3)分开的网层，它存在于所有有核细胞中，并由交织微丝（粗 30—50 Å）网组成。对这层纤维性膜的精确化学成分尚不清楚，它可能含有硬蛋白，借此增强核膜并保持核的形状。

有人提出，一些跨越核周间隙的直径为 20—30 Å 的微丝(4)也可增加核膜的稳固性。

放大：A × 22,000；B × 80,000

参　考　文　献

Cohen, A. H., Sundeen, J. R.: The nuclear fibrous lamina in human cells: Studies on its appearance and distribution. *Anat. Rec. 186*, 471—476 (1976)

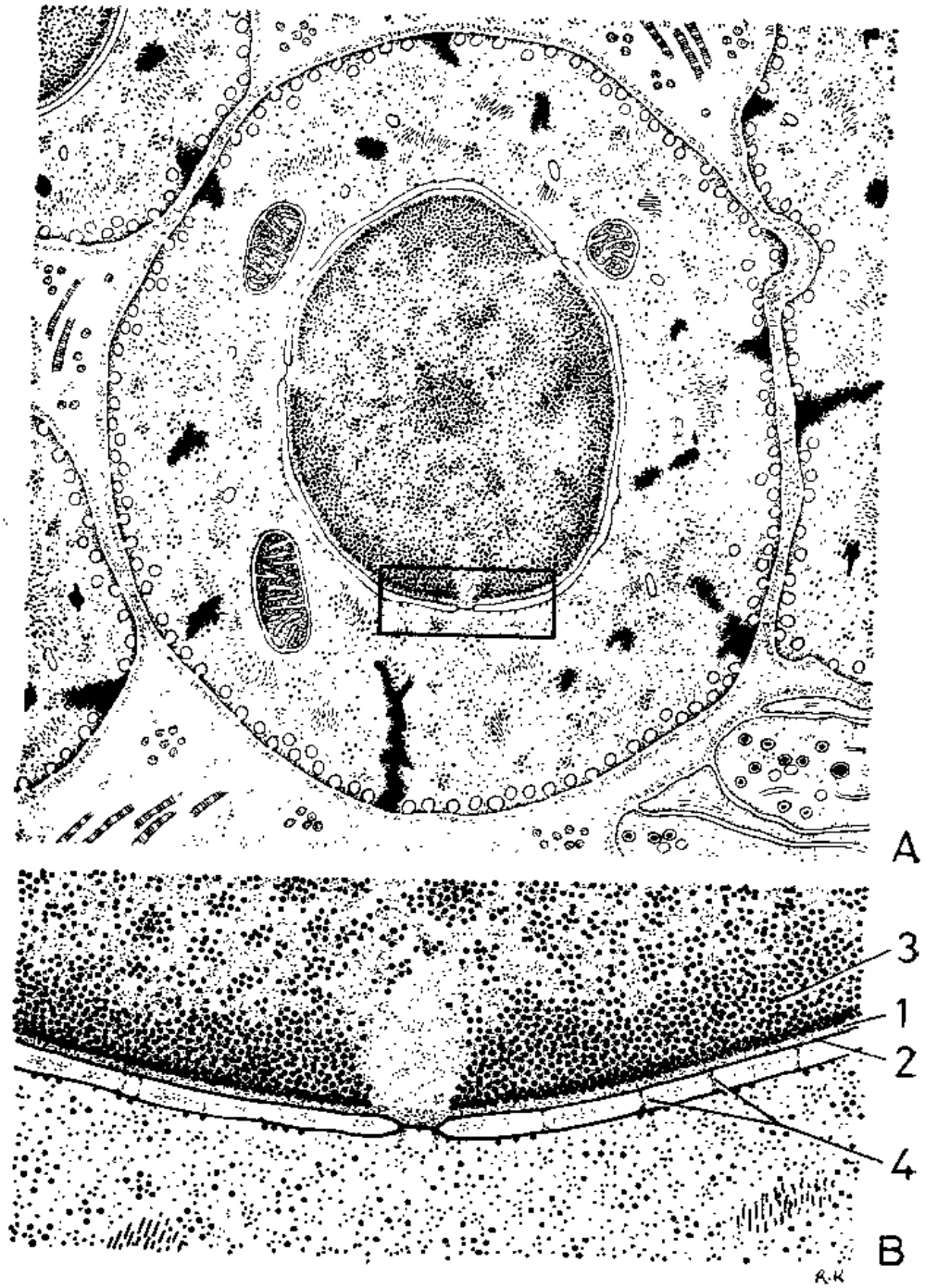
Fawcett, D. W.: On the occurrence of a fibrous lamina on the inner aspect of the nuclear envelope in certain cells of vertebrates. *Am. J. Anat. 119*, 129—146 (1966)

Franke, W. W., Zentgraf, H., Scheer, U., Kartenbeck, J.: Membrane linkages at the nuclear envelope. *Cytobiologie 7*. 89—100 (1973)

Kirschner, R. H., Rusli. M., Martin, T. E.: Characterization of the nuclear envelope, pore complexes, and dense lamina of mouse liver nuclei by high resolution scanning electron microscopy. *J. Cell Biol. 72*. 118 132 (1977)

Patrizi, G., Poger, M.: The ultrastructure of the nuclear periphery. The zonula nucleum limitans. *J. Ultrastruct. Res. 17*, 127—136 (1967)

Scheer, U., Kartenbeck, J., Trendelenburg, M. F., Stadler. J., Franke, W. W.: Experimental disintegration of the nuclear envelope. Evidence for poreconnecting fibrils. *J. Cell Biol. 69*, 1—18(1976)


A
3
1
2
4
B
R.K

图版 7　细胞核。核周间隙与粗面内质网(rER)的立体图象

核(1)由核膜与核周间隙(2)围绕，后者的多处与粗面内质网的腔隙相连续(长箭头)。在核的下部表面显示这些连接被横断状态(箭头)。多套扁平的粗面内质网池(3)密布着许多核蛋白体，后者可以单个或成群存在，或呈螺旋状排列(4)。注意呈对称八角形的核孔(5)。核内有核仁(6)。

放大：×15,000

参　考　文　献

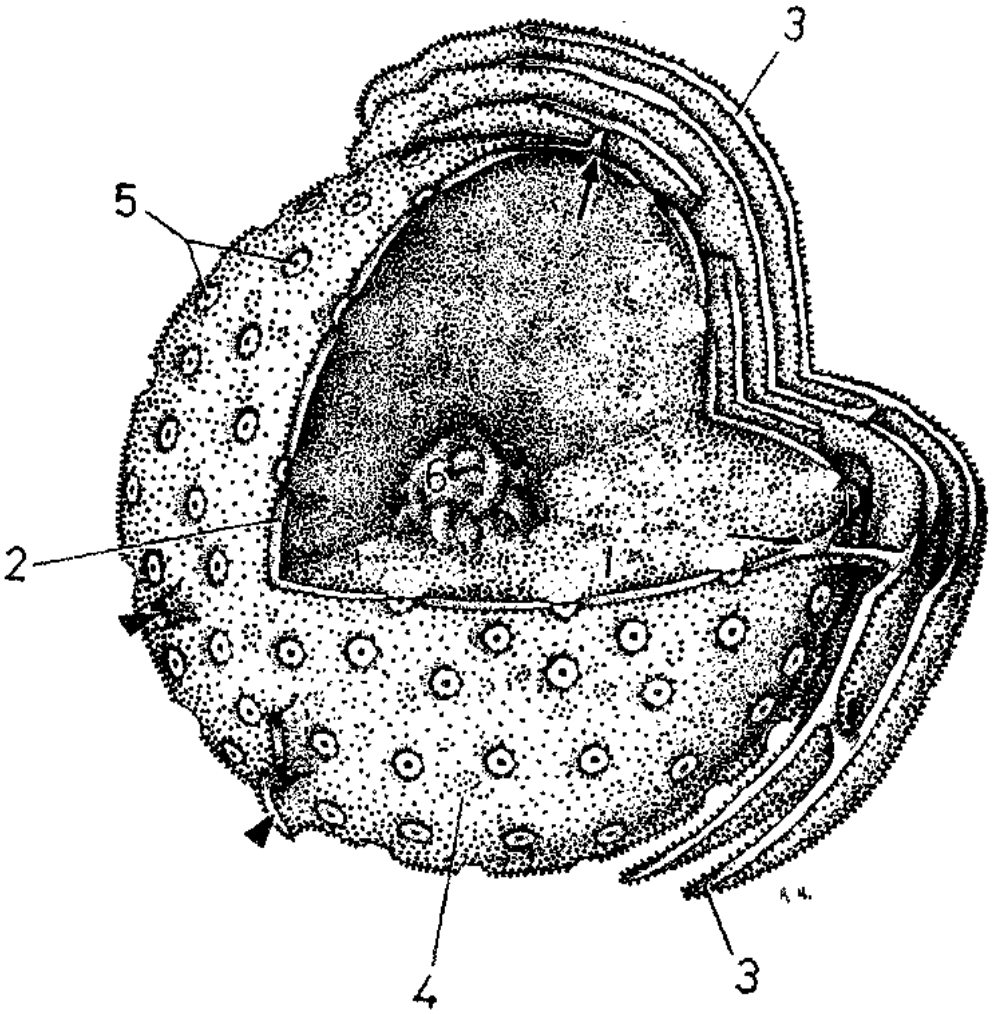
Abelson, H. T., Smith, G. H.: Nuclear pores: the pore-annulus relationship in thin section. *J. Ultrastruct. Res. 30*, 558—588 (1970)

Fabergé, A. C.: Direct demonstration of eight-fold symmetry in nuclear pores. *Z. Zellforsch. 136*, 183—190 (1973)

Fabergé, A. C.: The nuclear pore complex: Its free existence and an hypothesis as to its origin. *Cell Tissue Res. 151*, 403—415 (1974)

Franke, W. W., Keenan, T. W., Stadler, J., Genz, R., Jarasch, E.-D., Kartenbeck, J.: Nuclear membranes from mammalian liver. VII. Characteristics of highly purified nuclear membranes in comparison with other membranes. *Cytobiologie 13*, 28—56 (1976)

Kartenbeck, J., Zentgraf, H., Scheer, U., Franke, W. W.: The nuclear envelope in freeze-etching. *Ergeb. Anat. Entwicklungsgesch. 45*,1—55 (1971)


3
5
6
2
1
4
3

图版 8　核孔(大鼠的各种细胞)

A. 大鼠胚的一个间充质细胞的横切面观。核孔(A1)为平均 600 Å 直径的圆形区，此处核周间隙(A2)被中断而不连续。核孔周缘处，核膜内外两层融合。有一层薄的隔膜(A3)封闭核孔，其中央有一 100 Å 大小的致密物(长箭头)。在横切面中，隔膜与核膜融合点处(箭头)有少量嗜锇物质。核孔的位置总是和异染色质的中断处相一致。

B. 大鼠肝细胞。核的切线切面显示核孔(B1)表面观时的中央点(B2)与边缘嗜锇凝聚物——孔环(B3)。后者相当于A图的箭头所指的嗜锇物质。一般密度的异染色质(B4)被称作核内微管(B5)的浅染区域断开。

C. 大鼠松果体细胞。冷冻断裂标本显示核孔的表面观(长箭头)与侧面观(箭头)。图的上部和下部为核膜(C3)的外层(C1)与内层(C2)，左下可见核的断裂面(C4)。

D. 一个设想的核孔复合器的立体图象(仿 Franke, 1970)。微丝分子的八个缠结(D1)以规则的间隔排列在核孔复合器的边缘。它们通过中央颗粒(D2)及核内的相似缠结(D3)而互相连接。有些微丝伸入细胞质形成A图内所见的嗜锇物质(箭头)。这些结构可能就代表孔环与隔膜。

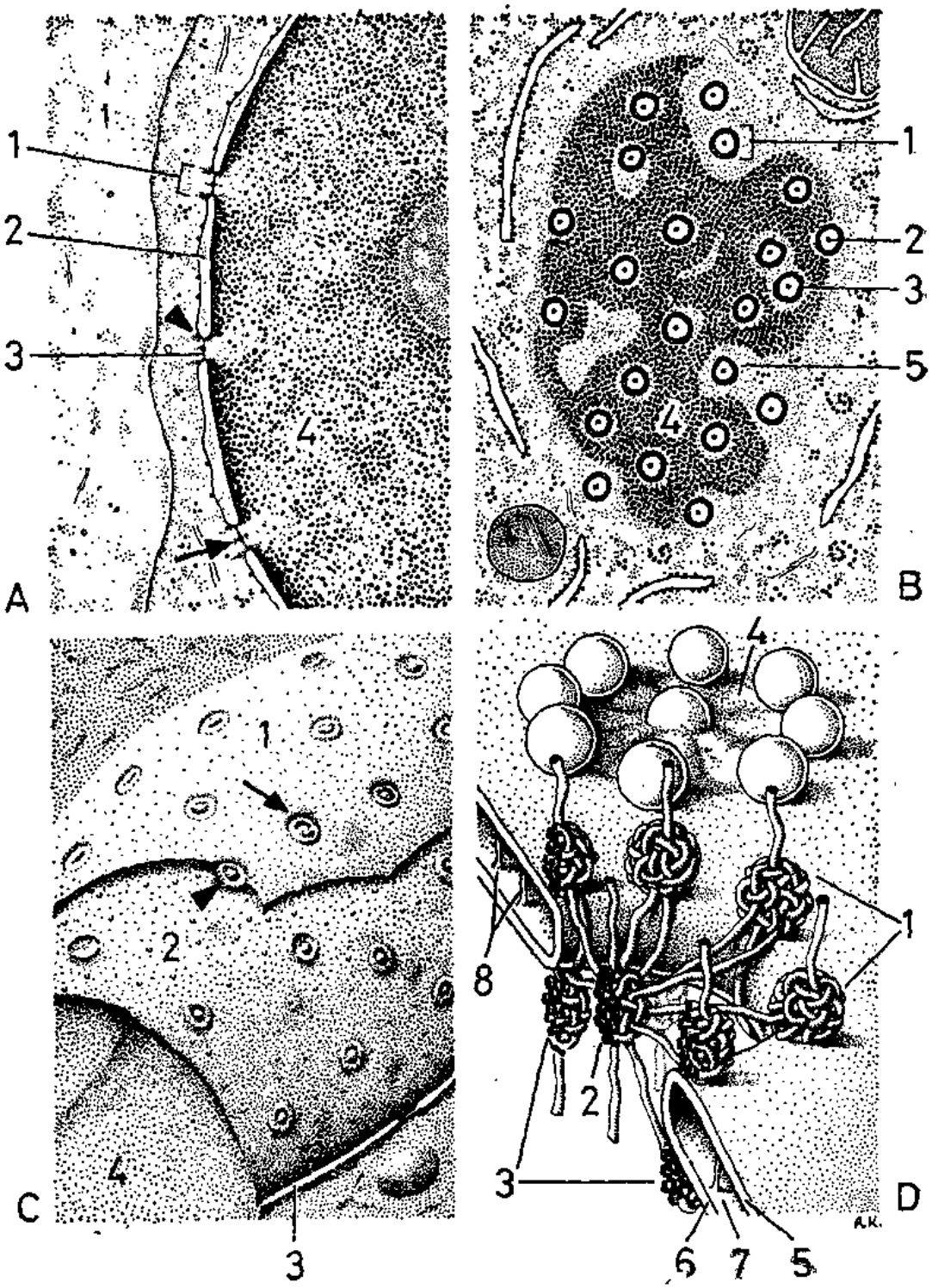
在图的背景上，可见核孔复合器和隔膜(D4)。注意核膜的外层(D5)与内层(D6)以及核周间隙(D7)与其横行微丝(D8)。

核孔可覆盖 25% 以上的核表面，它的功能不完全清楚。虽然已知核内合成的 RNA 通过核孔到达细胞质(图 153)，同样，氨基酸、嘌呤、嘧啶和其它分子以相反的方向从细胞质进入核，然而穿过核孔的转运机制仍不清楚。

放大：A—C × 43,000；D × 1,000,000

参　考　文　献

Franke, W. W.: On the universality of nuclear pore complex structure. *Z. Zellforsch. 105*, 405 -429 (1970)
Gall, J. G.: Octogonal nuclear pores. *J. Cell Biol. 32*, 391—399 (1967)


1
1
2
3
4
A
1
2
3
4
5
B
1
2
3
4
C
4
1
8
2
3
6
7
5
D

图版 9　核的丢失(大鼠骨髓的正染性成红细胞)

在成红细胞到红细胞的成熟过程的某些时刻,核(1)对血红蛋白合成的调控停止。随后核通过细胞运动(显微电影拍照)而被排出,反映在电镜下这种运动为微绒毛状突出物(2)的出现。在核排出时与排出后,这个过程只波及到很小的细胞质区域(3),而核本身只被一薄层细胞质围绕(4)。排出之核随即被吞噬*细胞吞噬,再被利用到核苷酸代谢中。

放大: ×12,000

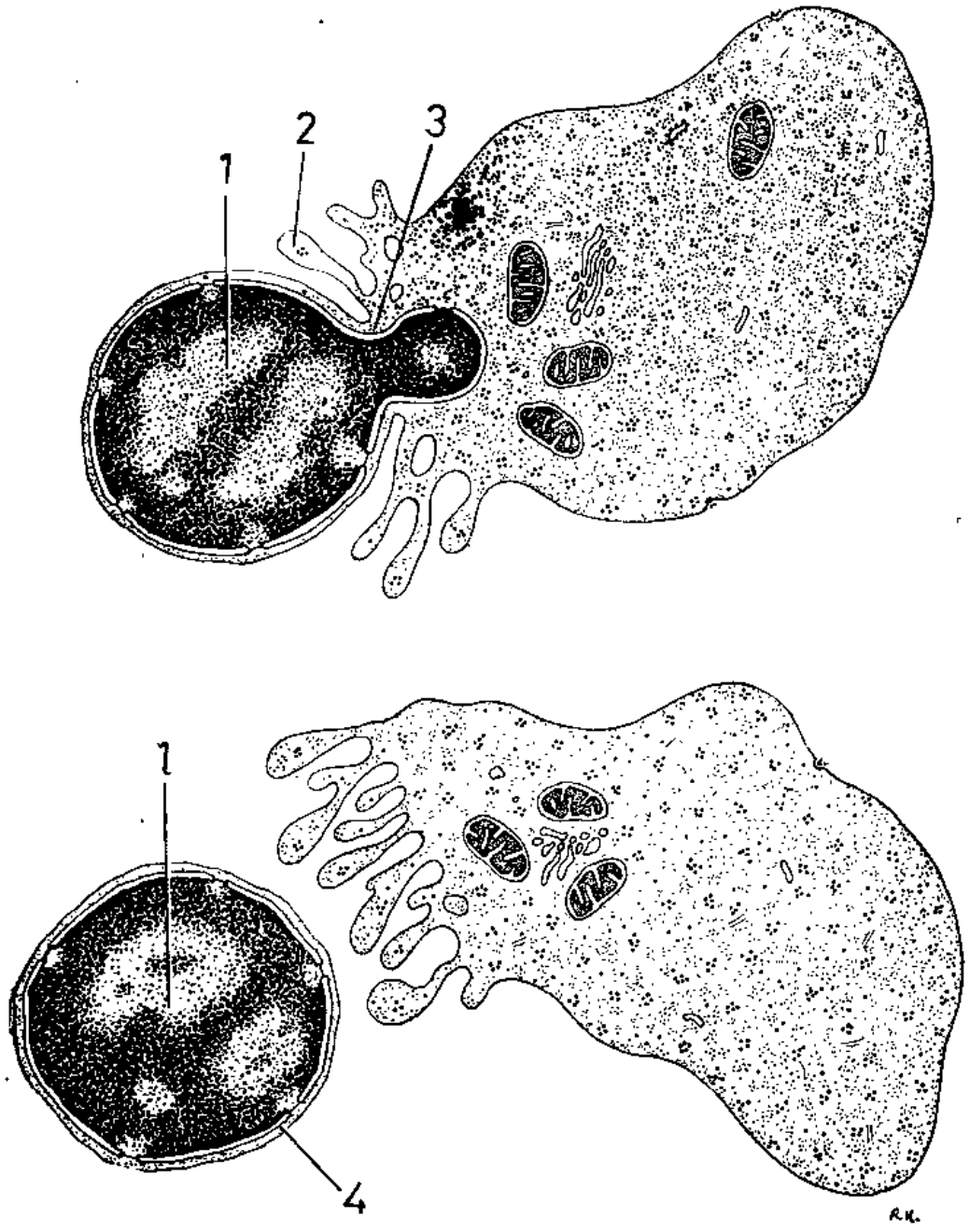
参　考　文　献

Orlic, D., Gordon, A. S., Rhodin, A. G.: An structural study of erythropoietin-induced red cell formation in mouse spleen. *J. Ultrastruct. Res. 13*, 516—542 (1965)

Simpson, C. F., Kling, J. M.: The mechanism of denucleation in circulating erythroblasts. *J. Cell Biol. 35*, 237—245 (1967)

Skutelsky, E., Danon, D.: An electron microscopic study of nuclear elimination from the late erythroblast. *J. Cell Biol. 33*, 625—635 (1967)

* 此处原文为网状,应为吞噬。——译者注


1
2
3
1
4
R.K.

图版 10　无核细胞（人类红细胞）

红血球或红细胞是唯一的无核哺乳类细胞。人类红细胞从上面看是平均直径为 7.5 微米的盘状，从侧面看为双面凹陷（箭头）。此凹陷相当于丢失了的核的所在处。注意红细胞的高电子密度是由于血红蛋白分子内含铁。血红蛋白是内源性色素之一（图 75—77），可用来输送氧。

当红细胞通过一般不宽于 3—4 微米的窄毛细血管时，可以被动变形并成为细的圆柱状。

放大：×11,000

参　考　文　献

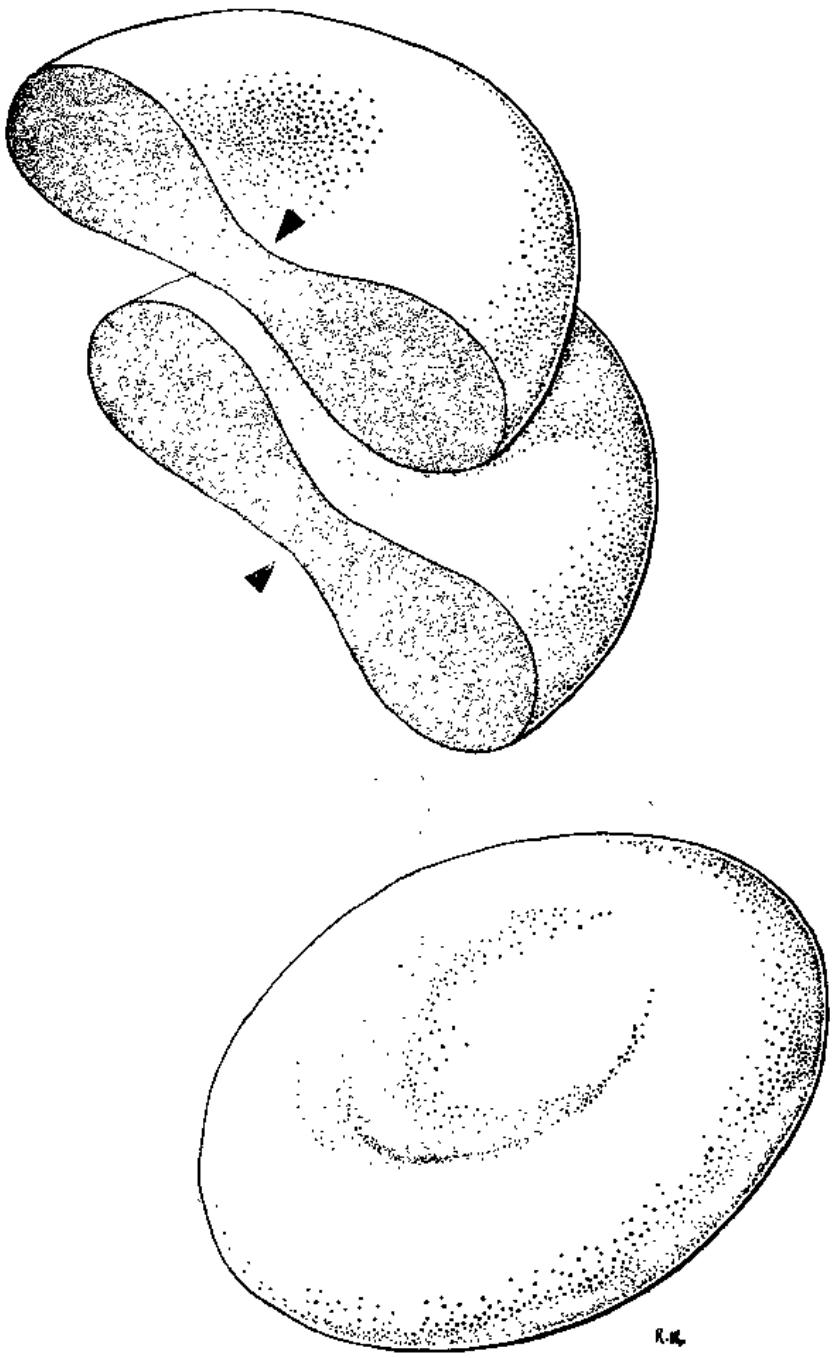
Bessis,M.: The blood cells and their formation. In: The cell. Brachet, J., Mirsky, A. E. (eds.), Vol. III, pp 163—217. New York: Academic Press 1961

Bessis, M.: Corpuscules. Berlin, Heidelberg: Springer 1976

Dellweg. H.: Molekularbiologische Betrachtungen zur Hämoglobinsynthese. *Dtsch. Med. Wochenschr. 40*. 1826—1831 (1967)

Grasso, J. A,, Swift, H., Ackermann, G. A: Observations of the development of erythrocytes in mammalian fetal live:. *J. Cell Biol. 14*, 235—254 (1962)

Weinstein, R. S.: The morphology of adult red cells. In: The red blood cell, Moe, D., Surgenor, N. (eds.) Vol. I. p. 213. New York: Academic Press 1974



图版 11　核仁(大鼠松果体细胞)

A. 核仁无膜包被。它由电子密度不同的两部分组成。第一部分称核仁丝(A1)或颗粒部,由 150 Å 大小的颗粒构成。它形成一个不规则的结构,其中存在着第二种核仁成分,即纤维部或无形部(A2)。后者形状较规则,呈圆或卵形,是由 50 Å 粗的细丝团构成。有些核仁周围染色质(A3)伸入核仁,称为核仁内染色质(A4)。这两种染色质都控制核仁 RNA 的合成(图版 153)。

B. 同一核仁的立体图象。注意不规则的核仁丝网架(B1)。有些核仁周围染色质(B3)穿入网的间隙成为核仁内染色质(B4)。

核仁的功能是产生 RNA,并将 RNA 输送给细胞质(图版 153)。因此,活跃的细胞,特别是那些正合成蛋白质的细胞的核仁靠近或紧贴核膜。

放大: A × 26,000; B × 40,000

参　考　文　献

Adamstone, F. B., Taylor, A. B.: Nucleolar reorganisation in cell of the kidney of the rat and its relation to aging. *J. Morphol. 154*, 459—478 (1977)

Anastassova-Kristeva, M.:The nucleolar cycle in man. *J. Cell Sci. 25*, 103—110 (1977)

Busch, H., Smetana, K.: The nucleolus. New York: Academic Press 1970

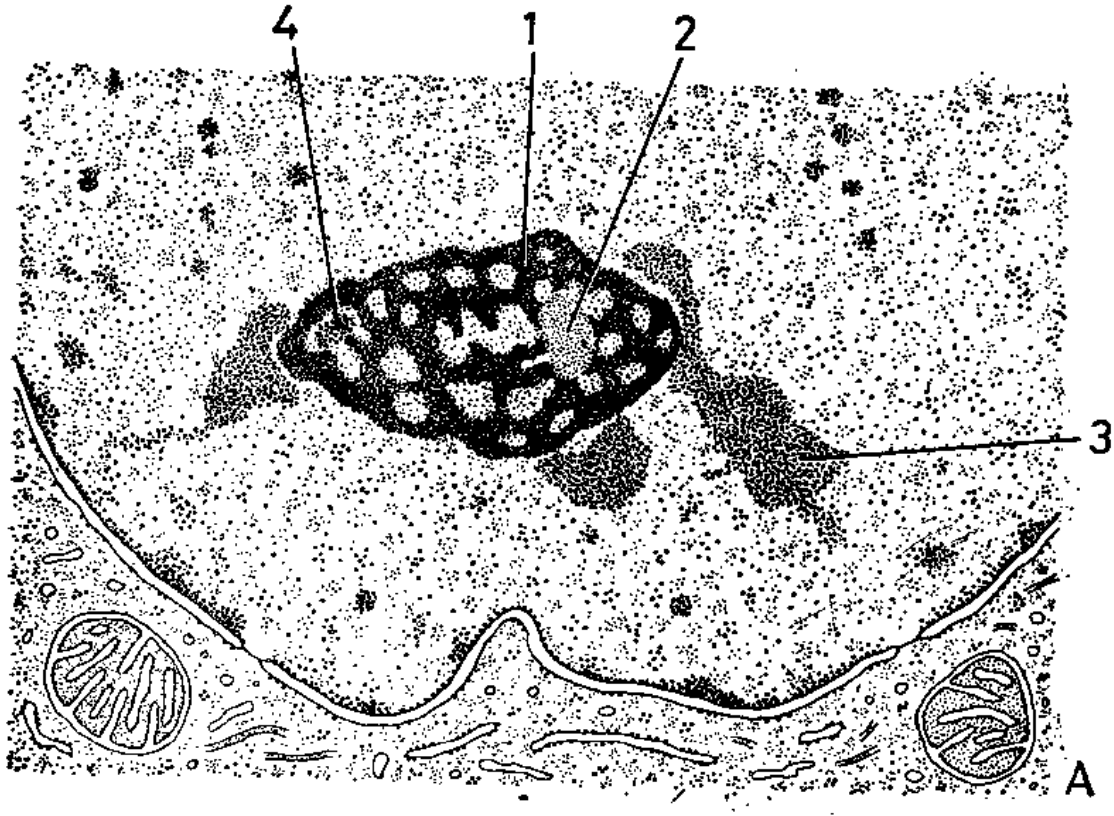
Ghosh, S.: The nucleolar structure. *Int. Rev. Cytol. 44*, 1—28 (1976)

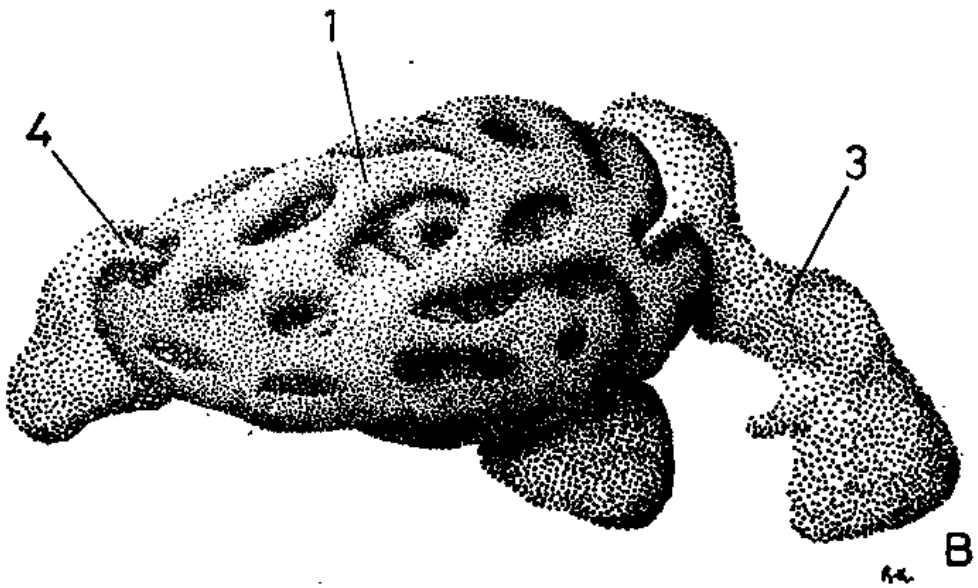
Recher, L., Whitescarver, J. Briggs, L.: The fine structure of a nucleolar constituent. *J. Ultrastruct. Res. 29*, 1—14 (1969)

Recher, L., Sykes, J. A., Chan, H.: Further studies on the mammalian cell nucleolus. *J. Ultrastruct. Res 56*, 152—163 (1976)

Shinozuka, H.: Intranucleolar dense particles in rat hepatic cell nucleoli. *J. Ultrastruct. Res. 32*. 430—442 (1970)

Thoenes, W., Gossrau, E., Altmann, H. W.: Untersuchungen zum Feinbau des Nucleolus tierischer Somazellen auf Grund von Modellstrukturen. *Cytobiol. 6*, 151—162 (1972)


4
1
2
3
A


1
4
3
B

图版 12　具有嵴的线粒体(大鼠肝细胞)

线粒体是贮酶的细胞器,因而供给细胞能量。

A. 用适当方法染色，在光镜下即能容易地看到线粒体 (A1)，它们是长 0.3—5.0 微米,宽 0.2—1.0 微米的球状、杆状或丝状结构。这些数值是常规切片中的线粒体的，只不过是些近似值。方框区示于 B 图。

B. 电镜下线粒体 (B1) 借一层外膜 (B2) 和周围的基质分隔开。一层内膜 (B3) 紧贴外膜,两者之间有 100—200 Å 的间隙,称为外腔。

内腔由内膜包裹,内膜皱折成众多的线粒体嵴 (B4)。它们常和线粒体中轴呈直角方向伸出，但大部分并不伸抵对侧面。线粒体嵴大大增加了内膜和内腔中所含的细颗粒状并中等嗜锇的线粒体基质之间的表面积。基质中偶见 150 Å 大小的核蛋白体样的颗粒 (B5)。

根据形态定量分析,一个肝细胞可含有 1000—1500 个线粒体。每一线粒体和它的嵴的表面积分别为 13 平方微米和 16 平方微米。

放大：A × 1,800; B × 52,000

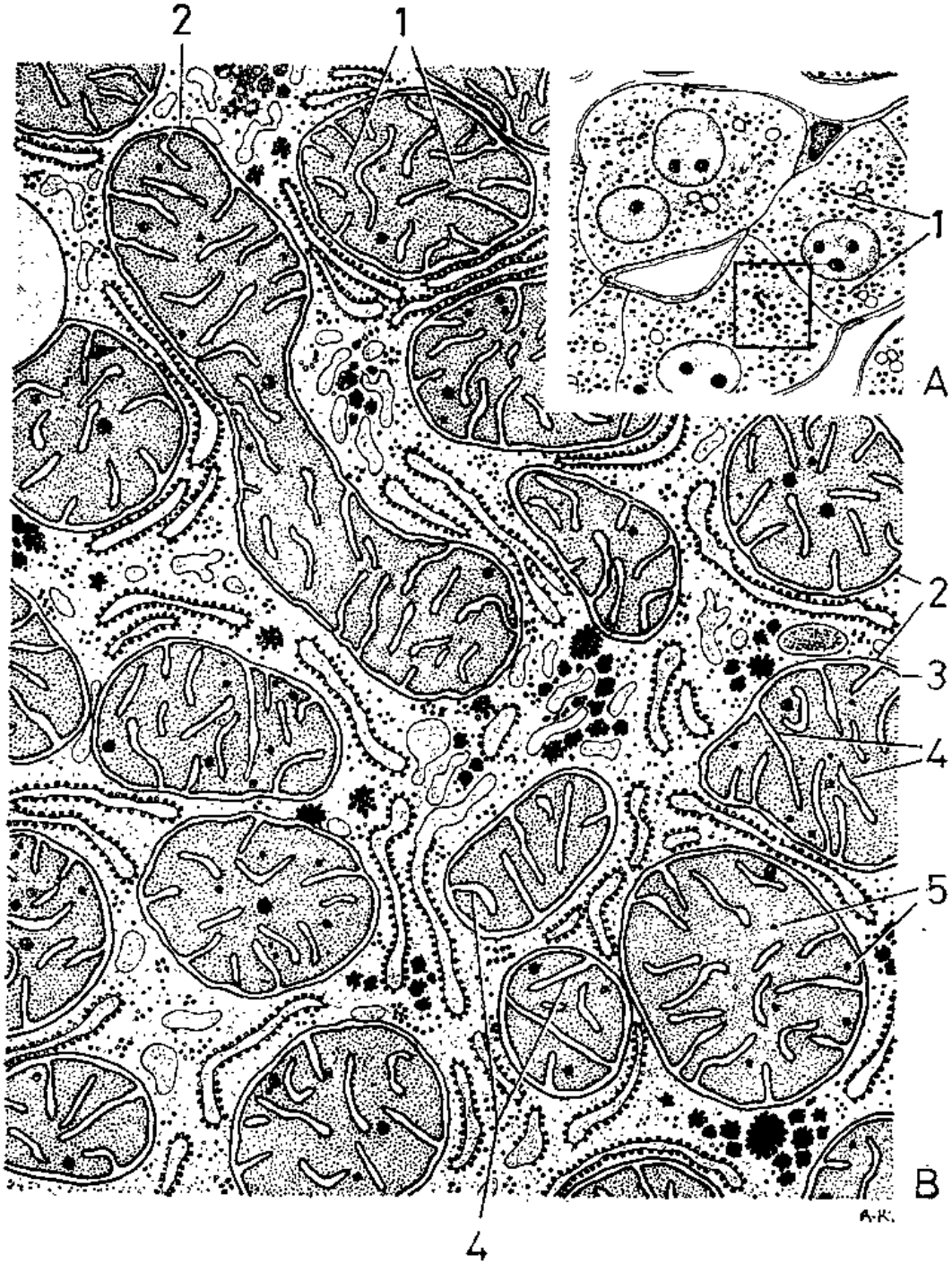
参　考　文　献

Green, D.E.: The mitochondrion. *Sci. Am 210.* 67—74 (1964)

Kurahashi, K., Tokunaga, J., Fujita, T., Miyahara. M.: Scanning electron microscopy of isolated mitochondria. *Arch. Histol. Jpn. 30.* 217—232 (1969)

Mahler, H. R., Raff. R.A. The evolutionary origin of the mitochondrion A nonsymbiotic model. *Int. Rev. Cytol. 43.* 1—124 (1975)

Schnaitman, C. Greenawalt, J. W.: Enzymatic properties of the inner and outer membranes of rat liver mitochondria. J. *Cell Biol. 38.* 158—175 (1968)


2
1
1
A
2
3
4
5
B
4
A.K.

图版 13　具有嵴的线粒体(肾单位近曲小管的细胞)

A. 光镜所见。肾单位近曲与远曲小管的线粒体呈细杆状 (A 1)。近曲小管的细胞着色较深并具刷状缘 (A 2) (图 102)。

B. A图内方框区在高分辨率电镜下显示出具有众多嵴的线粒体。线粒体主要见于细胞基底部,即基底迷路(图版 90)中,位于质膜的深褶之间 (B 1)。注意嗜锇颗粒 (B 2) (图版 26)存在于线粒体基质内 (B 3)。细胞位于基板 (B 4) 之上。

线粒体是很易受渗压性损伤的结构。细胞的低张性固定可由于线粒体基质的稀释而使线粒体肿胀。

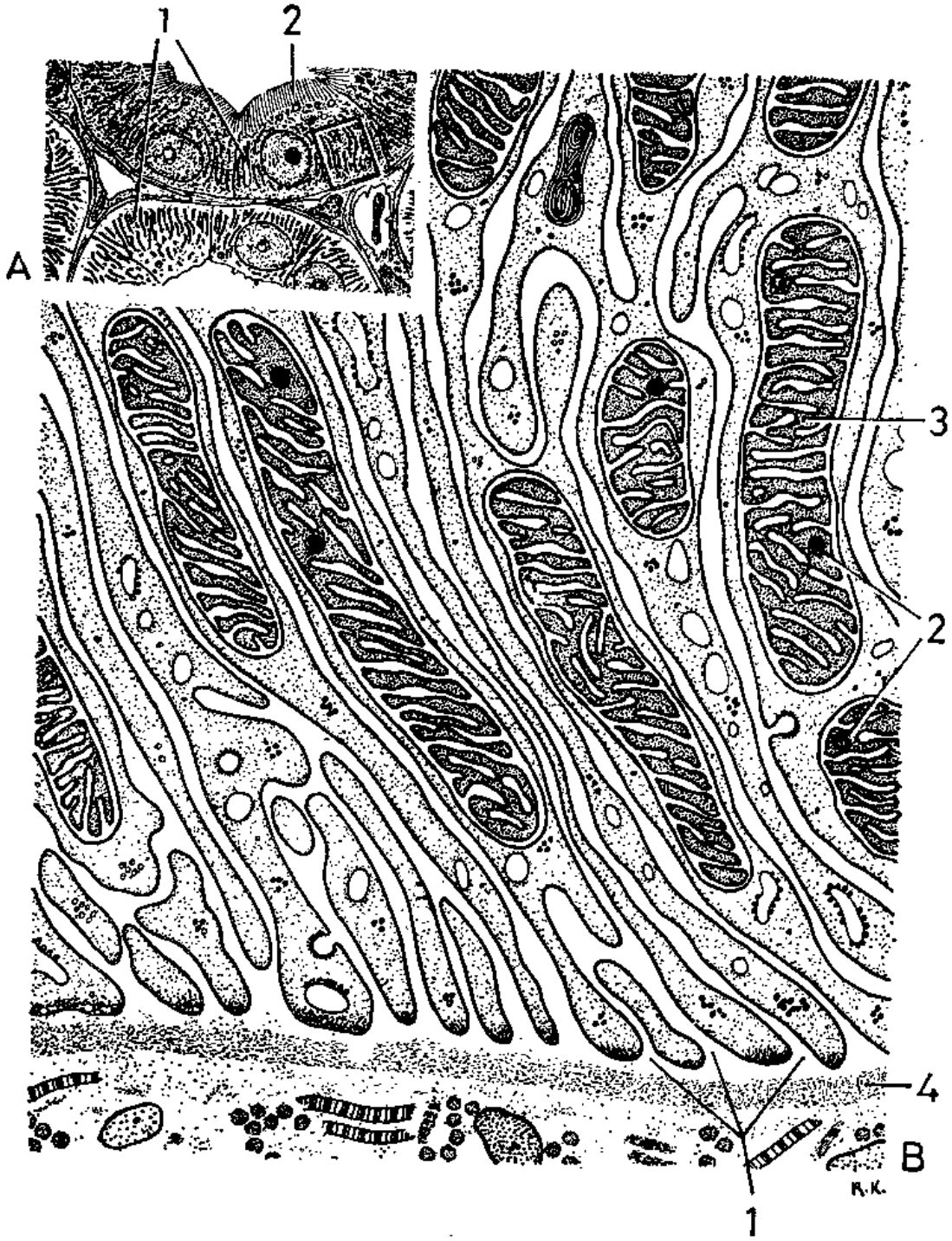
放大: A × 900; B × 52,000

参　考　文　献

Lehninger, A. L.: The mitochodrion. Molecular basis of structure and function New York. Benjamin 1964

Malamed, S.: Structural changes during swelling of isolated rat mitochondria. *Z. Zellforsch* 65,10—15 (1965)

Muscatello, U, Guarriera-Bobyleva, V., Buffa, P.: Configurational changes in isolated rat liver mitochondria as revealed by negative staining I. Modifications caused by osmotic and other factors. *J. Ultrastruct. Res* 40, 215—234(1972)


1
2
A
3
2
4
B
R.K.
1

图版 14　具有嵴的线粒体(人类精子)

A. 整个精子的被圈住的颈及中段以立体图象展示于 B 图中。

B. 人类和其它哺乳类精子的颈与中段含有螺旋状排列的有嵴型线粒体 (B1)，它们的特殊外形是和精子的形状相适应的。它们互相紧聚在一起形成一紧密的螺旋 (C)，围绕着外致密纤维 (B 2 与 C 2)。图内对线粒体间隙作了精心安排，以更好地显示它们的螺旋状排列。

为了清楚起见，只显示出覆盖头部的精子质膜 (B 3) 的一小部分。同样，为了表明近端中心粒 (B 4) 及远端中心粒 (B 5) 的一部分，把一些外致密纤维切断 (B 6)。注意整齐分节的小柱 (B 7) 形成一个关节头 (B 8)，连到植入窝 (B 9) 上。

C. 中段的横切面。有嵴型线粒体 (C 1) 围绕着九条外致密纤维 (C 2) 和轴丝 (C10)。

中段的线粒体提供精子尾部活动所需的能量。

放大：A × 2,300；B 与 C × 23,000

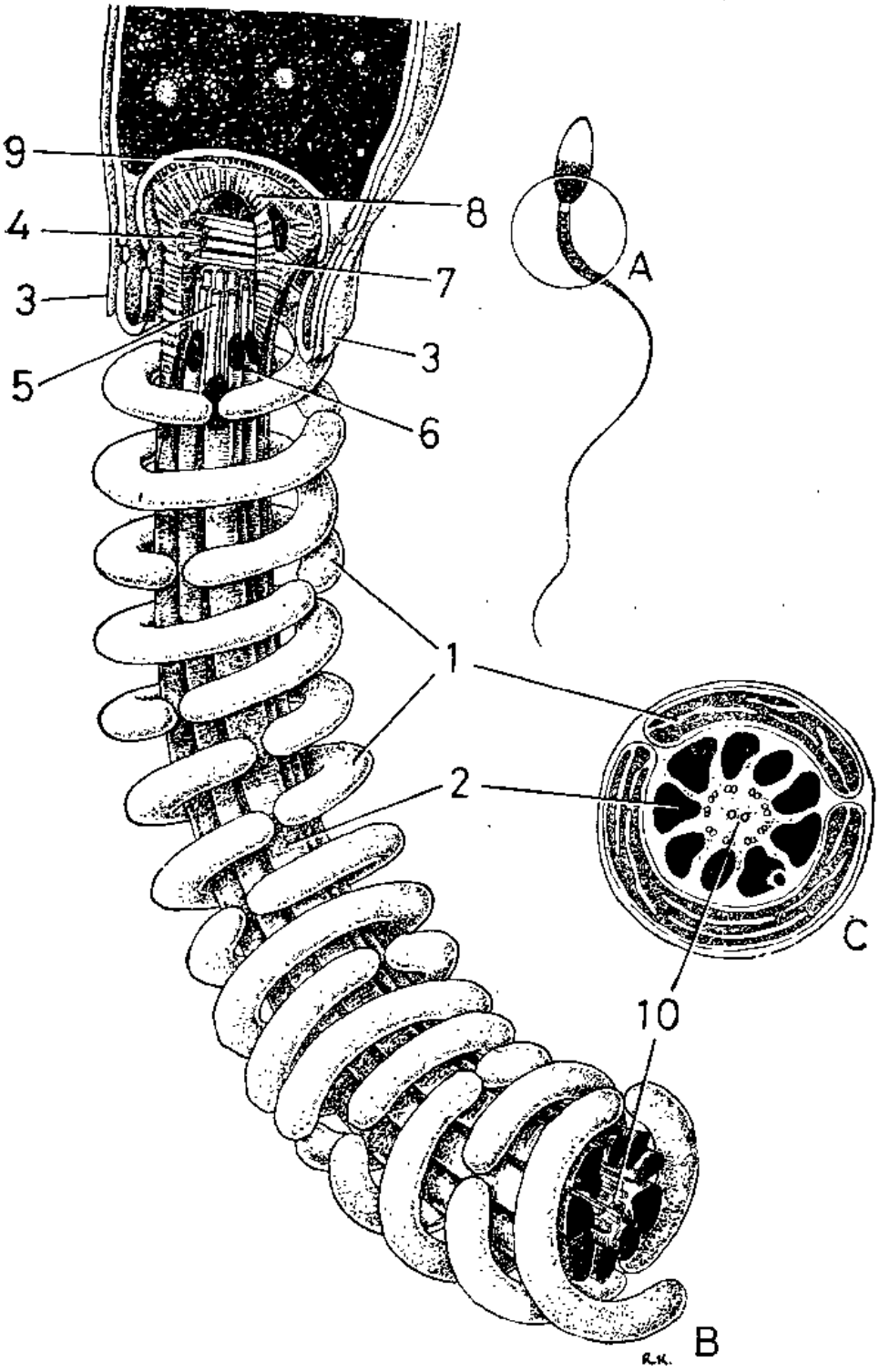
参　考　文　献

Andre, J.: Contribution à la connaissance du chondriome. Etude de ses modification ultrastructurales pendant la spermatogénèse. *J. Ultrastruct Res.* [Suppl.] *3*, 1—185 (1962)

Hrudka, F.: A morphological and cytochemical study on isolated sperm mitochondria. *J. Ultrastruct. Res. 63*, 1—19 (1978)

Palade, G. E.: The fine structure of mitochondria. Anat. Rec. *114*. 427—452 (1952)

Rouiller, C.: Physiological and pathological changes in mitochondrial morphology. *Int. Rev. Cytol.* 227—292 (1960)


9
4
3
5
8
7
3
6
A
1
2
C
10
B
R.K.

图版 15　具有嵴的线粒体(大鼠心肌细胞)

那些只有到死才停止活动从而高度需能的横纹肌，如横膈或心脏，其线粒体特别大而且众多。它们常群集一起并含有密集的嵴。

图示肌原纤维 (1) 分成 A, I 与 H 带和 M 与 Z 线。线粒体存在于肌原纤维之间并被许多 β 糖原颗粒(2)紧密围绕，后者是产生能量的燃料库。线粒体之间的空隙内有肌质网 (3) 和 T 小管(4)的隐窝(图版 50 与 69)。

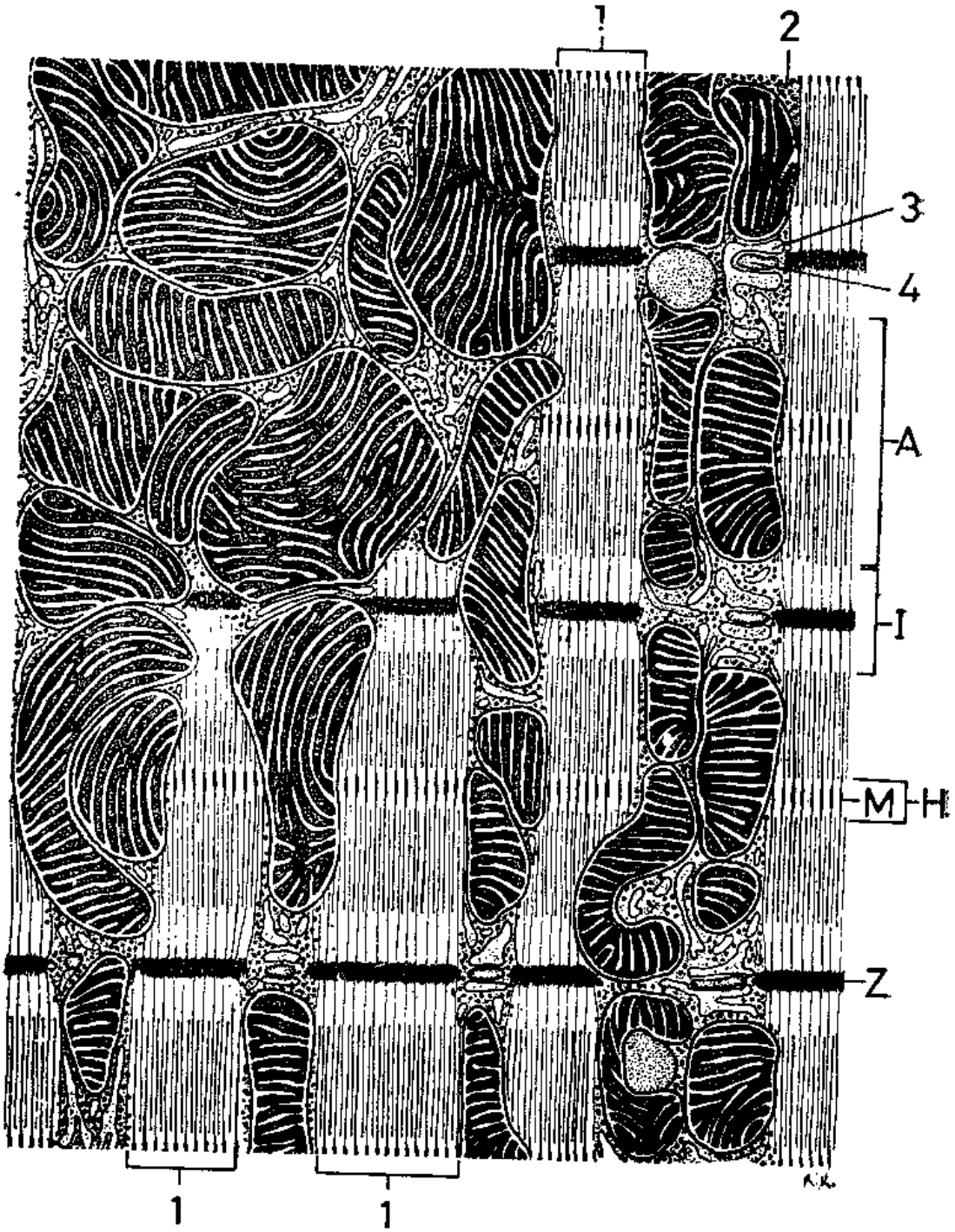
放大：×23,000

参　考　文　献

Stoeckenius, W.: Some observations on negatively stained mitochondria *J. Cell Biol. 17.* 443—454 (1963)

Stoner, C. D., Sirak, H. D.: Osmotically-induced alterations in volume and ultrastructure of mitochondria isolated from rat liver and bovine heart. *J. Cell Biol. 43.* 521—538 (1969)

Weber, N.E.: Ultrastructural studies of beef heart mitochondria III. The inequality of gross morphological change and oxidative phosphorylation. *J. Cell Biol. 55.* 457—470 (1972)


1
2
3
4
A
I
M
H
Z
1
1

图版 16　具有纵嵴的线粒体(大鼠肝细胞)

A. 除了具有横嵴的线粒体 (A 1) 外，本图描述一种具有横嵴和纵嵴 (A 2) 的过渡型，以及较少见的只有纵嵴的类型 (A 3)。所有嵴均为线粒体内膜皱折形成。图内所示的板层状小体 (A 4) 是对人工的、代谢的或其它非特异性刺激反应的一种形态学表现。

B. 一个具纵嵴的线粒体的立体图象。单位膜被去掉。

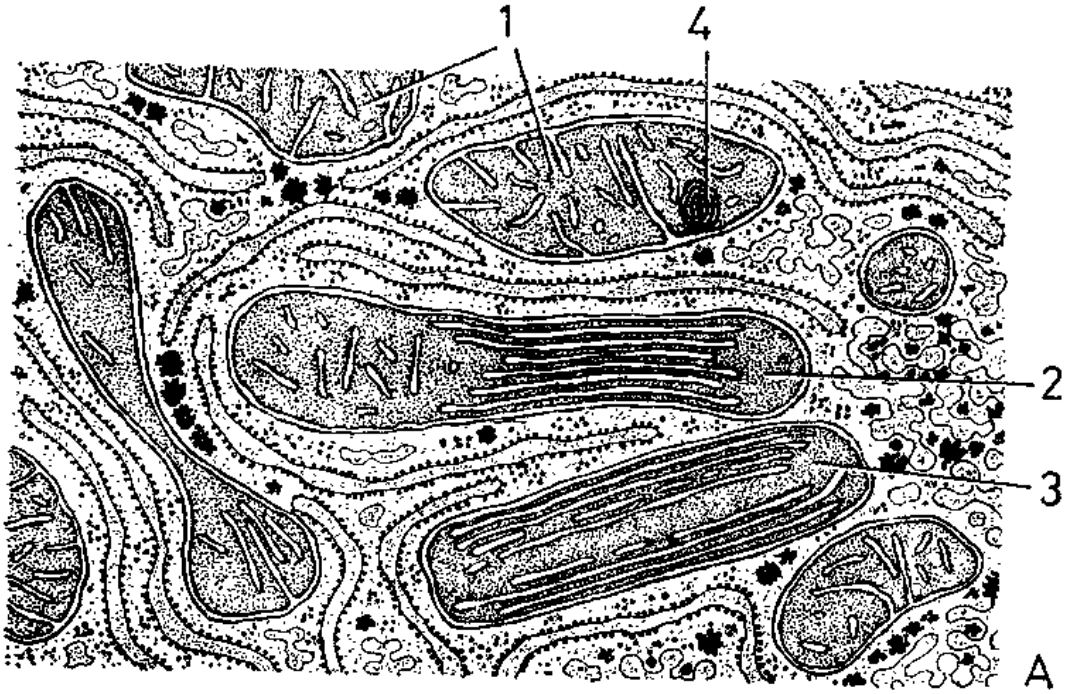
放大：A × 34,000；B × 67,000

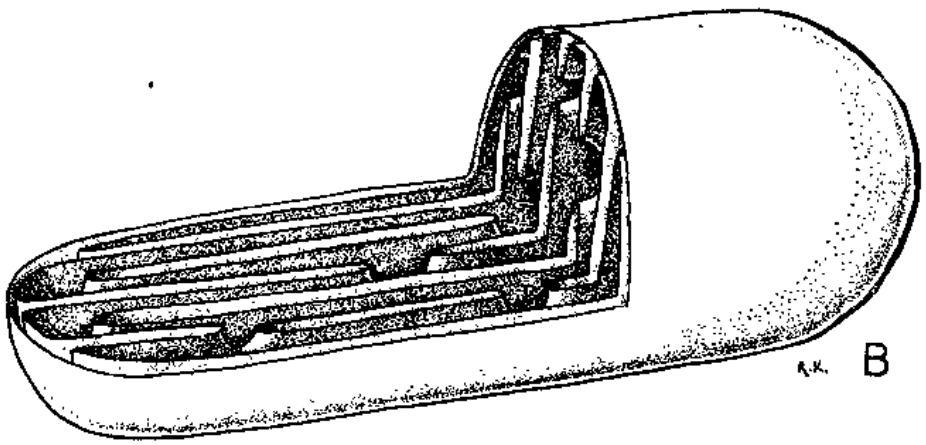
参　考　文　献

Le Beux, Y, Hetenyi, G. Jr., Phillips, M. J.: Mitochondrial myelin-like figures: a non-specific reactive proces of mitochondrial phospholipid membranes to several stimuli. *Z. Zellforsch.* 99. 491—506 (1969)

Reith, A., Schueler, B., Vogell, W.: Quantitative und qualitative elektronenmikroskopische Untersuchungen zur Struktur des Leberläppchens normaler Ratten. *Z. Zellforsch.* 89. 225—240 (1968)

Riede, U. N., Rohr, H. P.: Atypische Lebermitochondrien adaptive Sonderforme? I. Ultrastrukturellmorphologische Untersuchung. *Virchows Archiv* [*Cell Pathol.*] 8. 350—356 (1971)


1
4
2
3
A


B

图版 17　具有嵴的线粒体。基本粒

经适当处理后并用高分辨力，可见在突入基质的线粒体内膜上贴附着许多小体，称为基本粒。

在A与B图中这些小粒(1)可分别用正对比与负对比方法看到。在正对比中，它们被枸橼酸铅和醋酸铀"染色"。另一方面，在负对比中，由磷钨酸造成的电子致密背景衬托出被渗透压破坏的一个线粒体的碎片。用这两种对比方法清楚地显示出线粒体内膜的不对称性。负对比法比正对比法能更清楚地显示基本粒是，由一个球形的头（B 2）借一细柄（B 3）和内膜连接而构成。

据计算，在牛心肌细胞的一个线粒体中，每平方微米的内膜上附有约 4,000 个基本粒。

放大：A × 100,000; B × 210,000

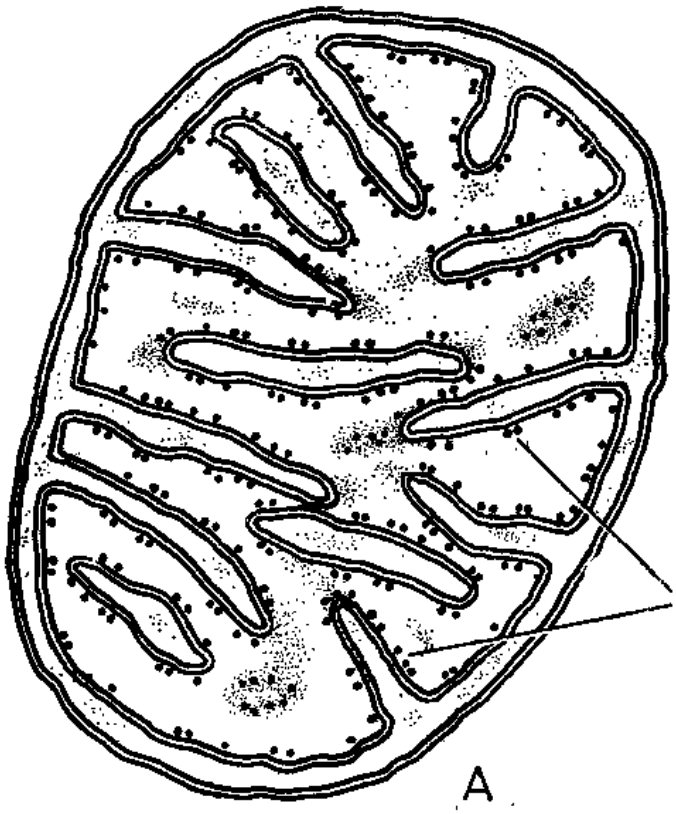
参　考　文　献

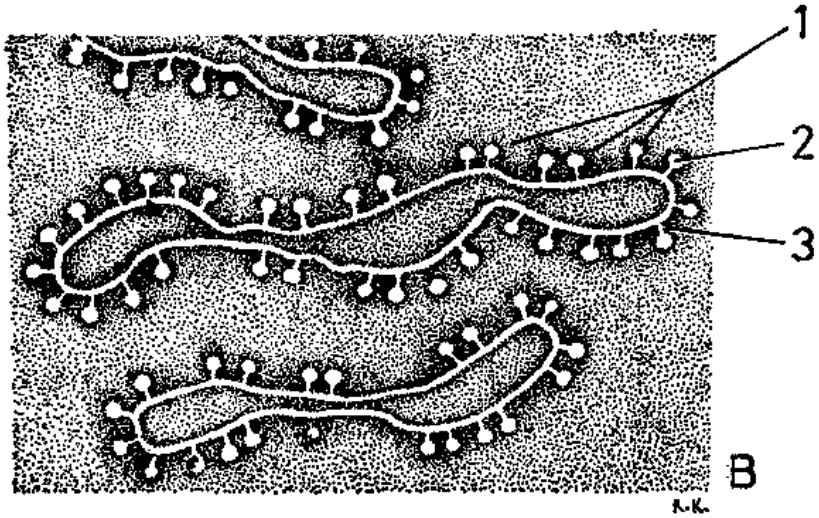
Fernàndez-Moràn,, H., Oda, T., Blair, P. V., Green, D. E.: A macromolecular repeating unit of mitochondrial structure and function. *J. Cell Biol. 22*, 63—100 (1964)

Malothra, S. K., Eakin, R. T.: A study of mitochondrial membranes in relation to elementary particles. *J. Cell Sci. 2*, 205—212 (1967)

Sjöstrand, F. S., Cassell, R. Z.: Structure of inner membranes in rat heart muscle as revealed by mains of freeze-fracturing. *J. Ultrastruct. Res. 63*. 111—137 (1978)

Telford, J. N., Racker, E.: A method for increasing contrast of mitochondrial inner membrane spheres in thin sections of epon-araldite embedded tissue. *J. Cell Biol. 57*, 580—586 (1973)


1
A


1
2
3
B

图版 18　具有嵴的线粒体。立体图象

线粒体外膜(1)为一单位膜，它包裹着整个线粒体。结构相似的内膜（2）形成嵴(3)，它们将基质分隔成许多互连的小空间。

外腔(4)存在于两膜之间。整个内膜的表面被基本粒(5)密集附着。外膜与外腔被认为含有单胺氧化酶、氨基酸还原酶与腺苷酸激酶，内膜上具有呼吸链的酶类、三磷酸腺苷酶（ATP 酶）、细胞色素、琥珀酸脱氢酶等。而线粒体基质内则含有柠檬酸循环的酶类、丙酮酸脱氢酶和甘油磷酸脱氢酶。

细胞的总 DNA 含量的约 2% 在线粒体内以线粒体 DNA 或染色体外 DNA 的形式存在。在线粒体基质内的核蛋白体样颗粒中有 RNA（图版 12)。在线粒体内存在两种核酸说明，这些细胞器可不依赖于核而合成其本身的酶类(细节可参阅生物化学和分子生物学教科书)。

放大：×230.000

参　考　文　献

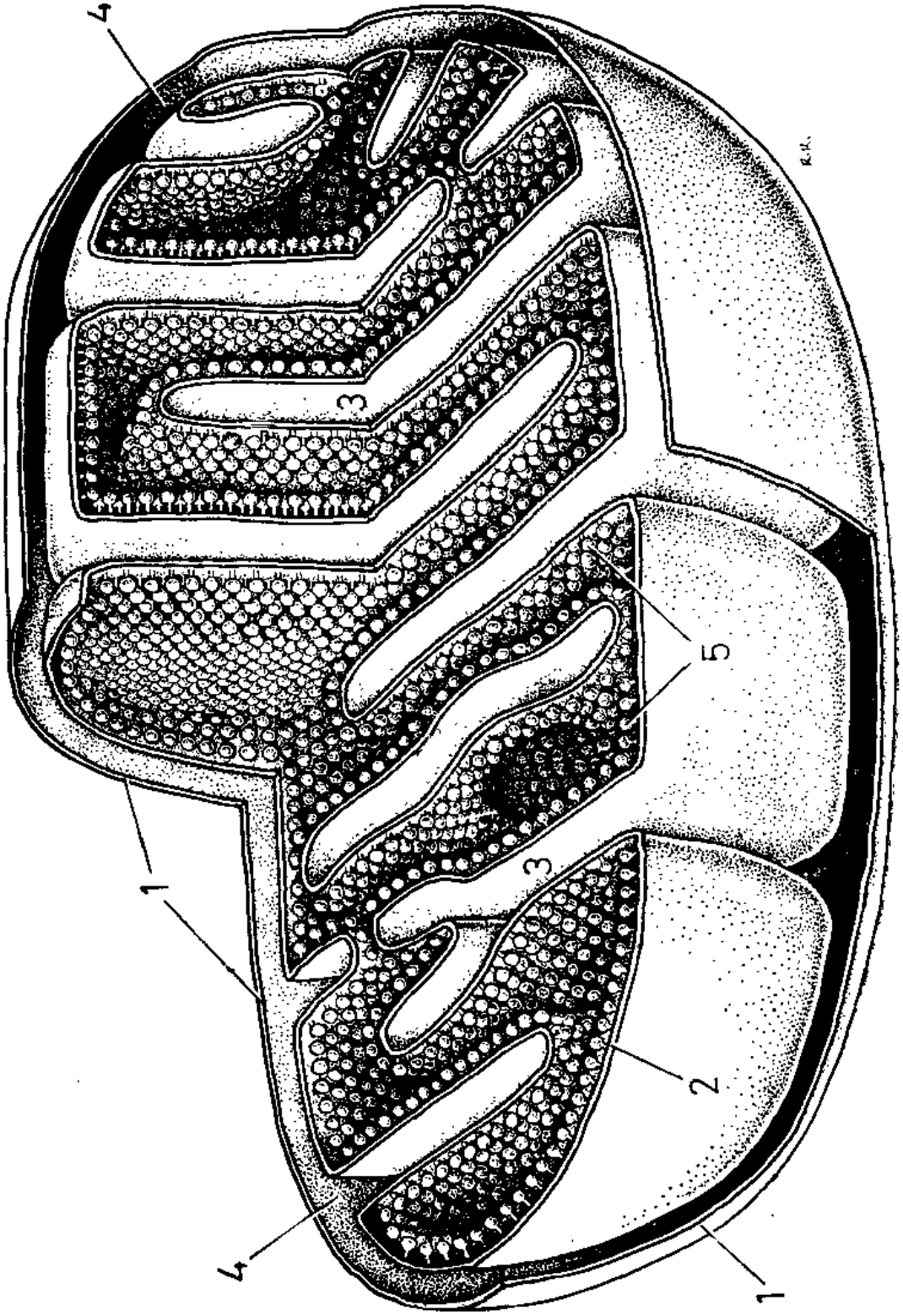
Baum, H.: Mitochondria and peroxisomes. In: The cell in medical science. Beck. F., Lloyd, J.B. (eds.), Vol. I. pp. 183—272. London, New York: Academic Press 1974

Hackenbrock, C. R.: Ultrastructural bases for metabolically linked mechanical activity in mitochondria. II. Electron transport-linked ultrastructural transformations in mitochondria. *J. Cell Biol. 37*, 345—369 (1968)

Ogawa, K., Mayahara, H.: Intramitochondrial localisation of adenosine triphosphatase activity. *J. Histochem. Cytochem. 17*, 487—490 (1969)

Pikó, L., Matsumoto, L.: Number of mitochondria and some properties of mitochondrial DNA in the mouse egg. Dev. Biol. 49, 1—10 (1976)

Schabadasch, A.: Nucleoproteins in mitochondria and their role in biologic peculiarities of the organoid. *Acta Histochem.* (Jena) *23*, 189—198 (1966)


4
3
5
1
3
2
4
1

图版 19　具有嵴的线粒体。基本粒的立体图象

A. 上方为部分设想的图解，从线粒体基质的方向展示线粒体外膜（A 1）与内膜（A 2）的一段，内膜包括一个嵴（A 3）。基本粒的圆头（A 4）借一细柄（A 5）和线粒体内膜相连。

B. 图内标出了基本粒的大小，它们借细柄与几种酶偶联因子（B 1）接触。在线粒体内膜（B 2）中有呼吸链的酶类（B 3），和细胞色素 c 分子（B 4），后者朝向外腔（B 5）。两个细胞色素 c 分子可能依次相距 120 Å。内膜的其余部分由结构蛋白（B 6）和脂层（B 7）组成。

近年的研究表明，由二磷酸腺苷（ADP）和磷酸合成高能化合物三磷酸腺苷（ATP）就发生在基本粒的头内，因此头部不再叫做氧小体而改称 ATP 体。

ATP 的分解和呼吸链的酶类提供细胞全部功能活动所需的能。

参　考　文　献

Muscatello, U., Guarrlera-Bobyleva. V., Buffa, P.: Configurational changes in isolated rat liver mitochondria as revealed by negative staining. II. Modifications caused by changes in respiratory states. *J. Ultrastruct. Res. 40*, 235—260 (1972)

Schulze, W.: Zur inneren Topographie der Mitochondrien. *Acta Histochem.* Suppl. (Jena) 17, 57—64 (1976)

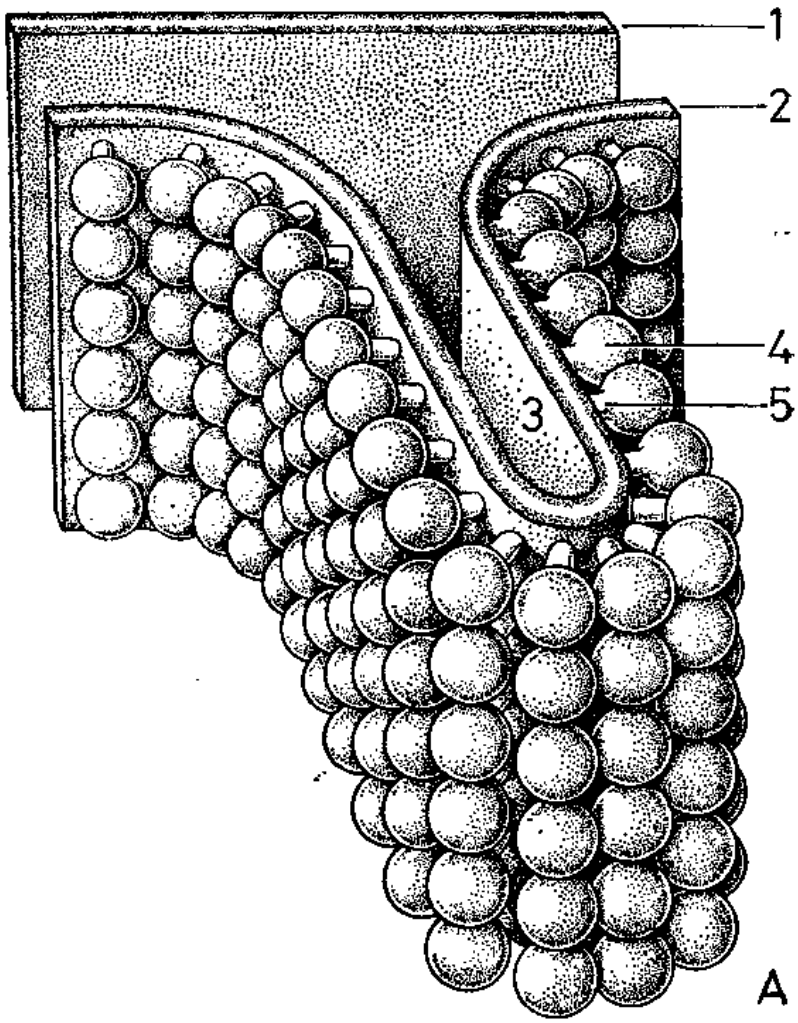
Sjöstrand, F. S.: The arrangement of mitochondrial membranes and new structural features of the inner mitochondrial membranes. *J. Ultrastruct.* Res. *59*, 292—319 (1977)

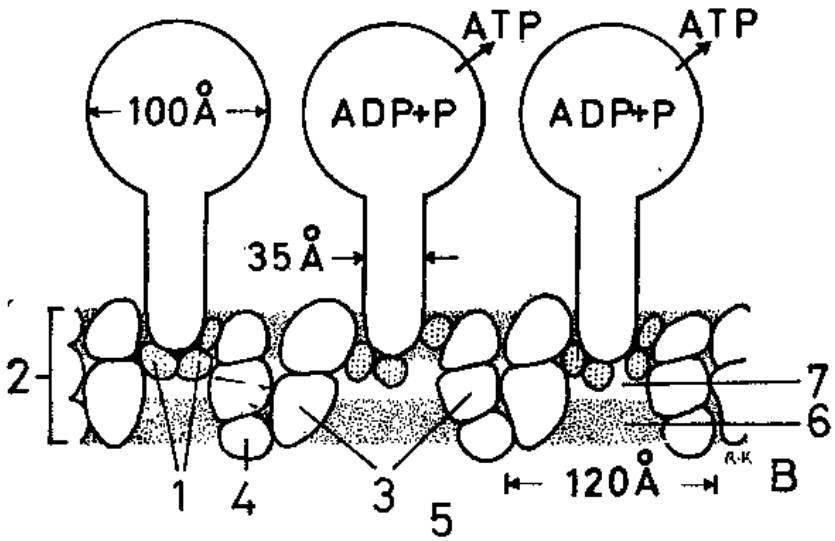
Sjöstrand, F. S.: The structure of mitochondrial membranes: A new concept. *J. Ultrastruct. Res. 64*, 217—245 (1978)

Sjöstrand, F. S., Barajas, L.: A new model for mitochondrial membranes based on structural and on biochemical information. *J. Ultrastruct.* Res. *32*, 293—306 (1970)

Sjöstrand, F. S., Cassell, R. Z.: The structure of the surface membranes in rat heart muscle mitochondria as revealed by freeze-fracturing. *J. Ultrastruct. Res. 63*, 138—154 (1978)

Téllez de Inon, M. T., Sacerdote, F. L., Burgos, M. H.: Some structural and chemical characteristics of kidney submitochondrial components. *J. Microsc. 8*, 615—626 (1969)


1
2
3
4
5
A


ATP
ATP
100Å
ADP+P
ADP+P
35Å
2
7
6
1
4
3
5
120Å
B

图版 20　具小管的线粒体(人睾丸的 Leydig 间质细胞)

能产生类固醇的细胞（本图为男性激素睾丸酮）含有带小管(2)而不是带嵴的线粒体(1)。小管是一些由线粒体内膜形成的细长的指状突出，主要以纵行方向穿入基质内。在横切面中它们是直径为 200—600 Å 的小圈，和嵴一样表现为电子光学的中空状。注意基质内有大的线粒体内颗粒(3)。

细胞质具有无数滑面内质网 (sER) (4)。Leydig 间质细胞的另一特点是有 Reinke 结晶体，在光镜下也能看出。图内结晶体有一个是纵切 (5)，另一个是横切 (6)，再一个是斜切(7)。

图下方显示一个具有致密杆状中央结构的有膜脂色素颗粒 (8)，以及两个溶酶体 (9)。

放大：×46,000

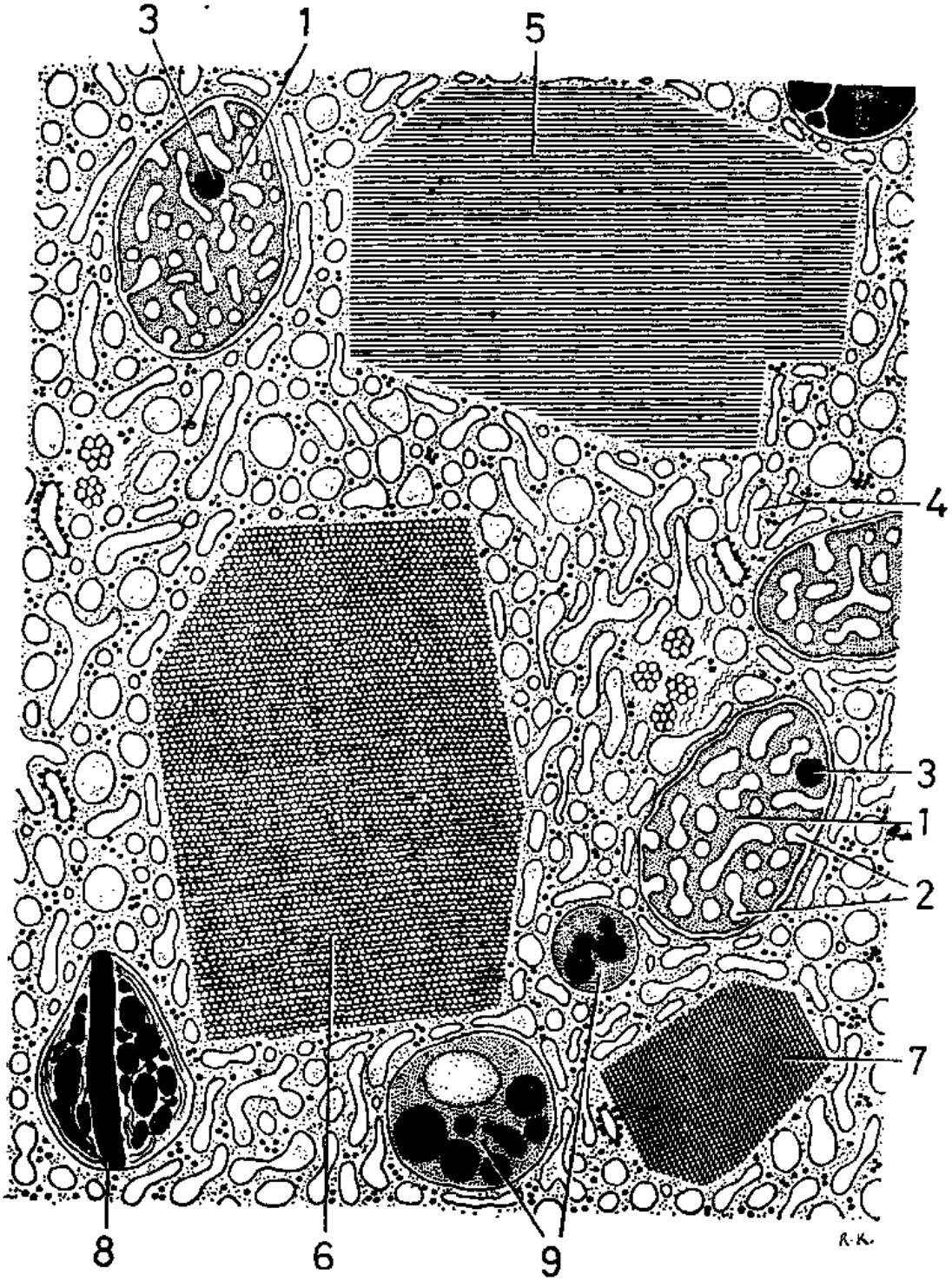
参　考　文　献

Christensen, A. K.: The fine structure of testicular interstitial cells in guinea pigs. *J. Cell Biol. 26*, 911—935 (1965)

Fleischer, S., Fleischer, S., Stoeckenus, M.: Fine structure of lipid depleted mitochondria. *J. Cell Biol. 32*, 193—208 (1967)

Leeson, R. C.: Observations on the fine structure of rat interstitial tissue. *Acta Anat.* (Basel) *52*, 34—48 (1963)

Tzagoloff, A.: A model of membrane biogenesis. *Bioenergetics 3*, 39—45 (1972)


3
1
5
4
3
1
2
7
8
6
9
R.K.

图版 21　具小管的线粒体(大鼠肾上腺皮质束状带的细胞)

在肾上腺皮质中，具小管的线粒体常为圆形或椭圆形。象图版 20 所显示的那样，众多的纵行或横行小管由线粒体内膜形成。有些小管分支(1)或形成小的末端膨大(2)。

许多小泡(3)是滑面内质网的一部分。

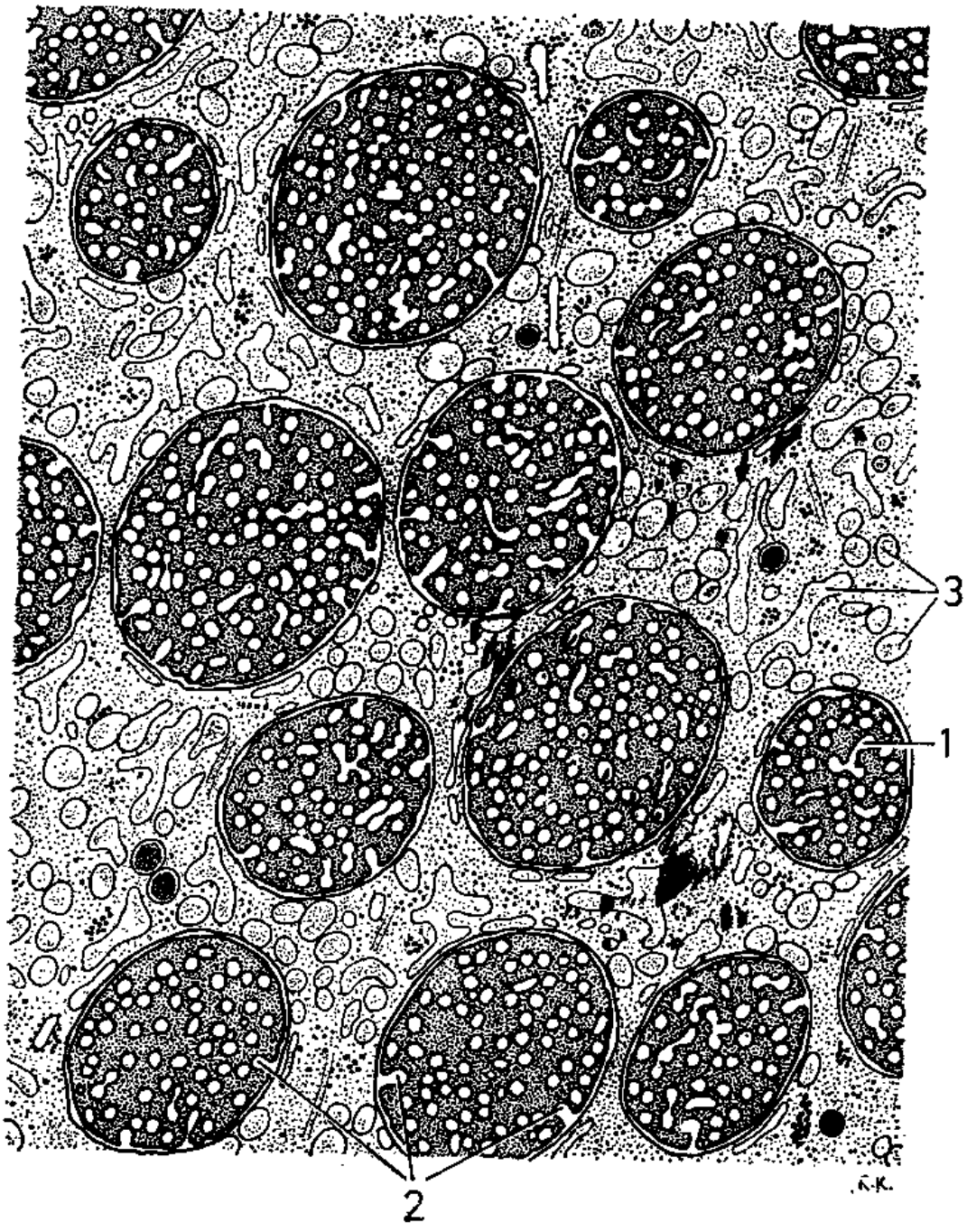
在许多其它类固醇激素中，束状带的细胞合成皮质醇。

放大：×35,000

参　考　文　献

Idelman, S.: Ultrastructure of the mammalian adrenal cortex. *Int. Rev. Cytol. 27*, 181—281 (1970)

Yates, R. D.: Fine structural observations on untreated and ACTH treated adrenocortical cells of the zona reticularis of syrian hamsters. *Z. Zellforsch. 66*, 384—395 (1965)


1
1
3
1
K
2
K.K.

图版 22　具小管的线粒体。立体图象

有小管的线粒体最常呈圆或椭圆形，它们的膜极象有嵴线粒体，也是单位膜结构。外膜(1)将线粒体和胞质基质分开，内外膜之间为外腔(2)。从内膜(3)上伸出大量小管(4)进入基质。有机体内具小管的线粒体比有嵴型线粒体少得多，并且是产类固醇激素细胞所特有(肾上腺皮质、卵巢等)。

放大：×230,000

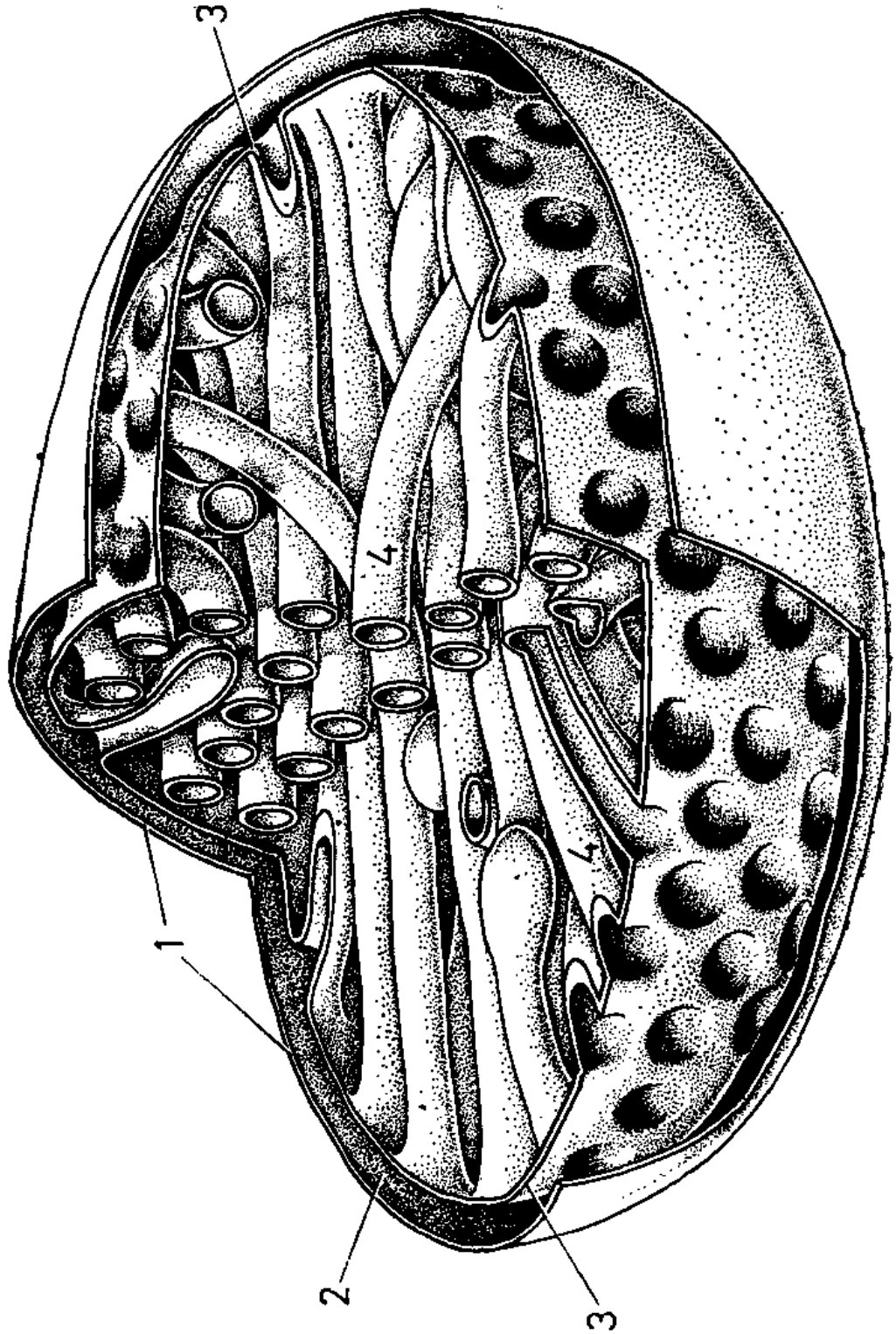
参　考　文　献

Giacomelli, F., Wiener, J., Spiro, D.: Cytological alterations related to stimulation of the zona glomerulosa of the adrenal gland. *J. Cell Biol. 26*, 499—521 (1965)

Volk, T., Scarpelli, D. G.: Alterations of fine structure of the rat adrenal cortex after the administration of triparasol. *Lab. Invest. 13*, 1205—1214 (1964)

Wassermann, D., Wassermann, M.: The fine structure of adrenal zona glomerulosa in the adult rat. *Cell Tissue Res. 149*, 235—243 (1974)

Wheatley, D. N.: Mitochondrial tubules in the rat adrenal gland. *J. Anat 103*, 151—154 (1968)


3
4
4
1
2
3

图版 23　具小囊的线粒体(豪猪的肾上腺皮质细胞)

[引自 Lindner, 1966]

A: 少见的盘状线粒体。膨大部分只含有小管 (A 1), 而扁的部分含两行小泡 (A2), 它们互相面对并借短柄 A3 与内膜相连。盘状线粒体可看成是具有小管的线粒体的一种特殊形式。

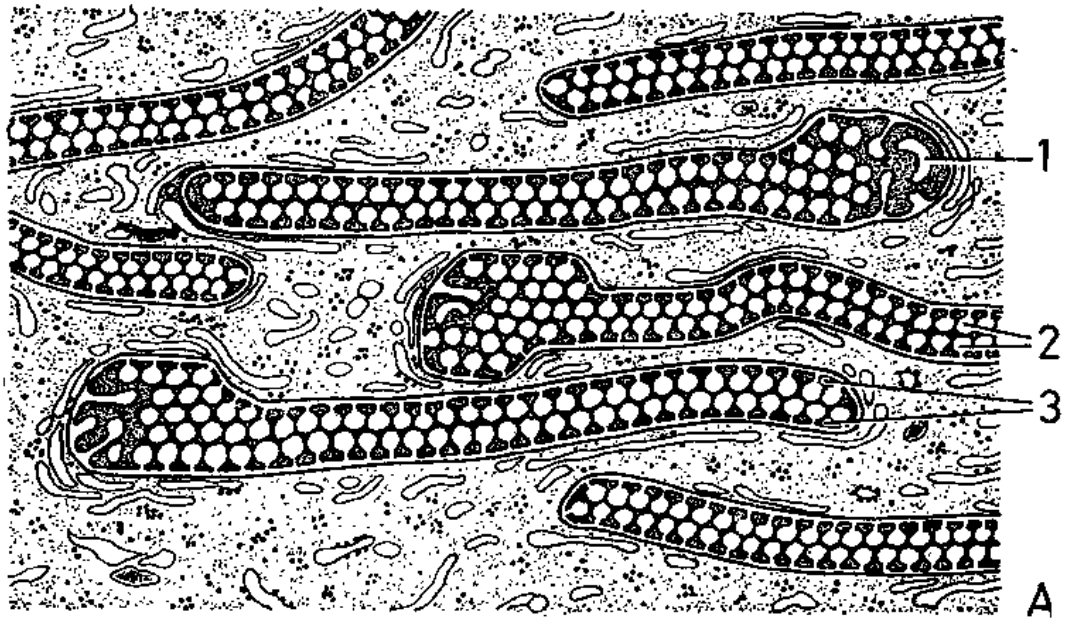
B: 一个小的盘状线粒体的立体图象。膨大部分显示出被切断的小管 (B 1), 其余部分内为小泡 (B 2) 及它们的柄 (B 3)。基本膜由单线代表。

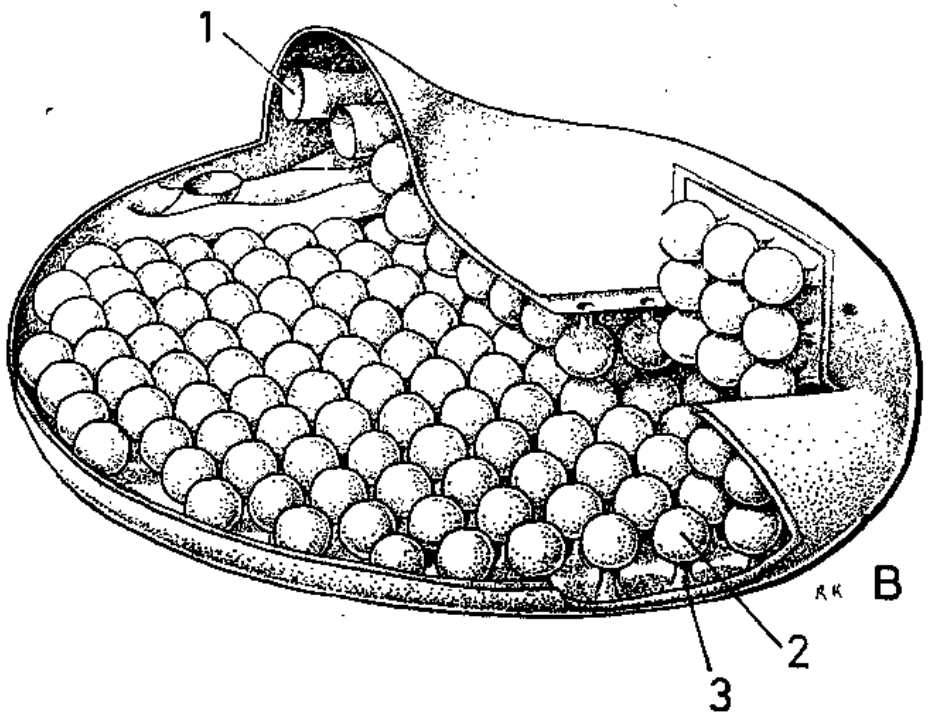
放大: A × 35,000; B × 65,000

参　考　文　献

Greco, D.E., Ji. S.: Electromechanochemical model of mitochondrial structure and function. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 69, 726—729 (1972)

Lindner, E.: Die Sacculi mitochondriales der Diskochondrien und Sphaerochondrien in der Nebenniereanrinde vom Igel (Erinaceus europaeus L). *Z. Zellforsch.* 72, 212—235 (1966)


1
2
3
A


1
2
3
B

图版 24　具棱柱体的线粒体(大鼠大脑皮质的星形细胞)

A. 中枢神经系统的胶质细胞中所见的一种特殊线粒体,含有单纯的嵴 (A 1) 以及棱柱状小管 (A 2)。棱柱状小管的横断面呈三角形 (A 3),有时排列成六角状态。小管之间存在着功能不明的微丝 (A 4)。注意线粒体外有众多的胶质丝 (A 5) 和微管 (A 6)。

B. 与上述相似的一个线粒体的立体图象。为了显示线粒体内一群棱柱小管的方向变化,去掉了一个嵴 (B 1)。

所示的膜都是单位膜。

放大: A × 52,000; B × 100,000

参　考　文　献

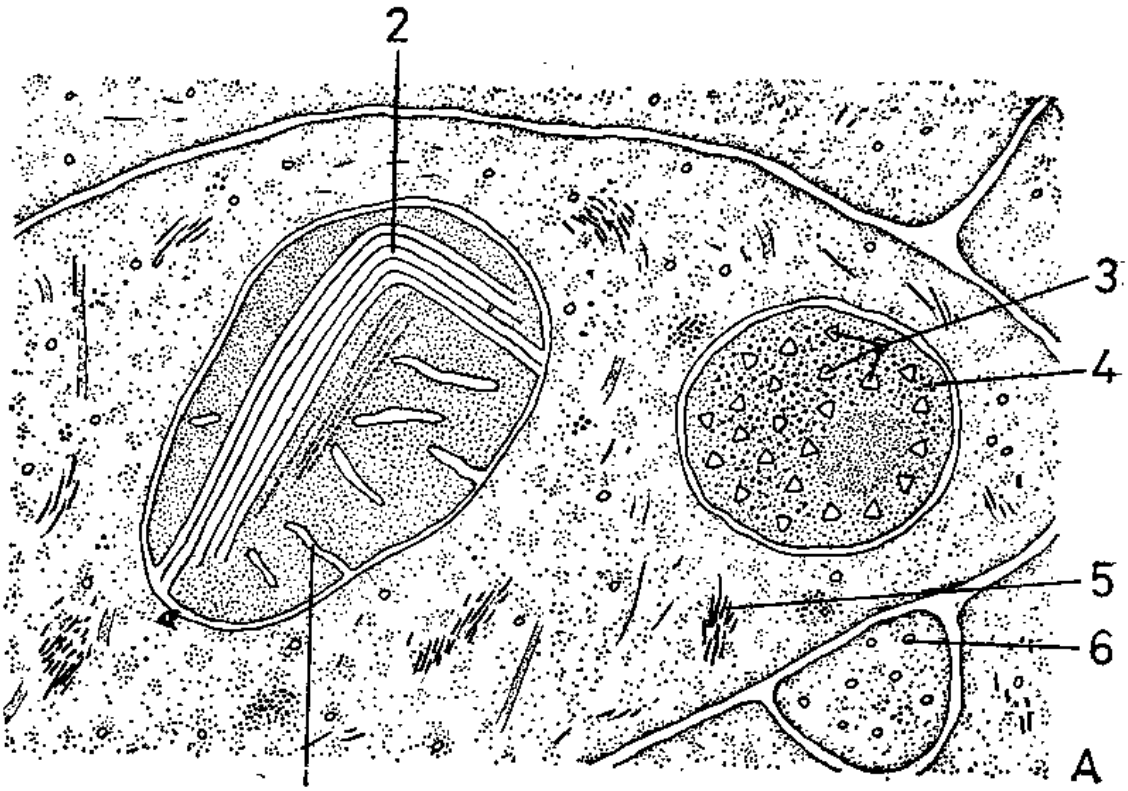
Blinzinger, K., Rewcastle, N. B., Hager, H.: Observation on prismatic-type mitochondria within astrocytes of the syrian hamster brain. *J. Cell Biol. 25*, 293—303 (1965)

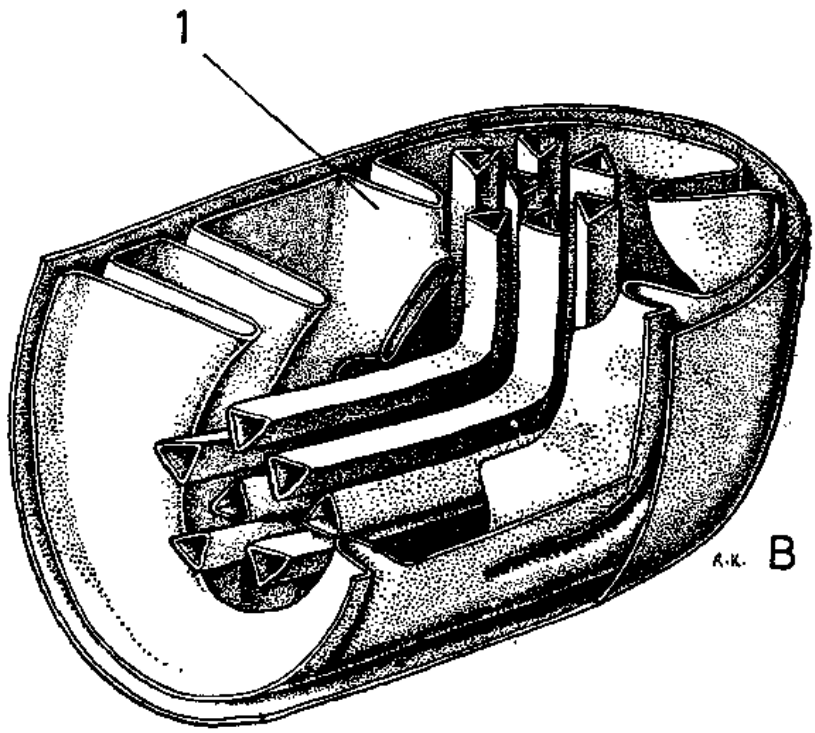
Duncan, D., Morales, R.: Fine structure of astrocyte mitochondria in the spinal cord of the dog, cat and monkey. *Anat. Rec. 175*, 519—528 (1973)

Nunez, E. A., Greif, R. L., Gershon, M. D.: Paracrystalloids from mitochondria in thyroid follicular cells. Normal occurrence and experimental induction. *Lab. Invest. 33*, 352—362 (1975)

Revel, J. P., Fawcett, D. W., Philpott, C. W.: Observations on mitochondrial structure. Angular configurations of the cristae. *J. Cell Biol. 16*, 187—195 (1963)

Weakley, B. S.: Specializations of the outer mitochondrial membrane during oocyte development. Cell Tissue Res. *180*, 515—528 (1977)


2
3
4
5
6
A


1
B

图版 25　线粒体基质。形态上独立的结构。（大鼠和人的细胞）

如前所述，富含水的线粒体内腔为低电子密度的细颗粒状物质。用形态学和细胞化学的方法除了揭示出在基质内有核蛋白体样颗粒(图版 12)外，还有其它的无膜结构。例如，肝脏和其它器官内的线粒体就含有晶体状物。

A: 大鼠肝细胞内的两个正常线粒体显示这种晶体的纵切(A 1)与横切（A 2)。其意义有很多争论，但仍不清楚。

B: 大鼠卵细胞的三个线粒体中的大小不同的脂滴 (B 1)。这些线粒体可能与卵黄的脂质部分的形成有关。线粒体之间有若干功能不明的晶体性板层 (B 2)。箭头示粗面内质网和外腔之间的连接处。有证据表明，线粒体能借此种连接从粗面内质网接受所有它们本身不能合成的酶类。

C: 铁蛋白是一种含铁的，并因此是高电子密度的物质，它借一种微胞饮作用 (micropinocytosis) [摄铁现象 (rhopheocytosis)，见图版 148] 进入人胎儿的成红细胞的细胞质中 (C，箭头)。虽然铁是合成血红蛋白所必需的，但有些铁蛋白是贮存在线粒体内的，因而有时线粒体基质呈黑色，即极度致密(C 1)。其它含铁分子沉积成为一种含铁小体 (siderosomes)。(C 2)

放大: A × 37,000; B × 30,000; C × 34,000

参　考　文　献

Fukuda, T.: Fetal Hemopoiesis. I. Electron microscopic studies on human yolk sac hemopoieses. *Virchows Archiv* [Cell Pathol.] *14*, 197—213 (1973)

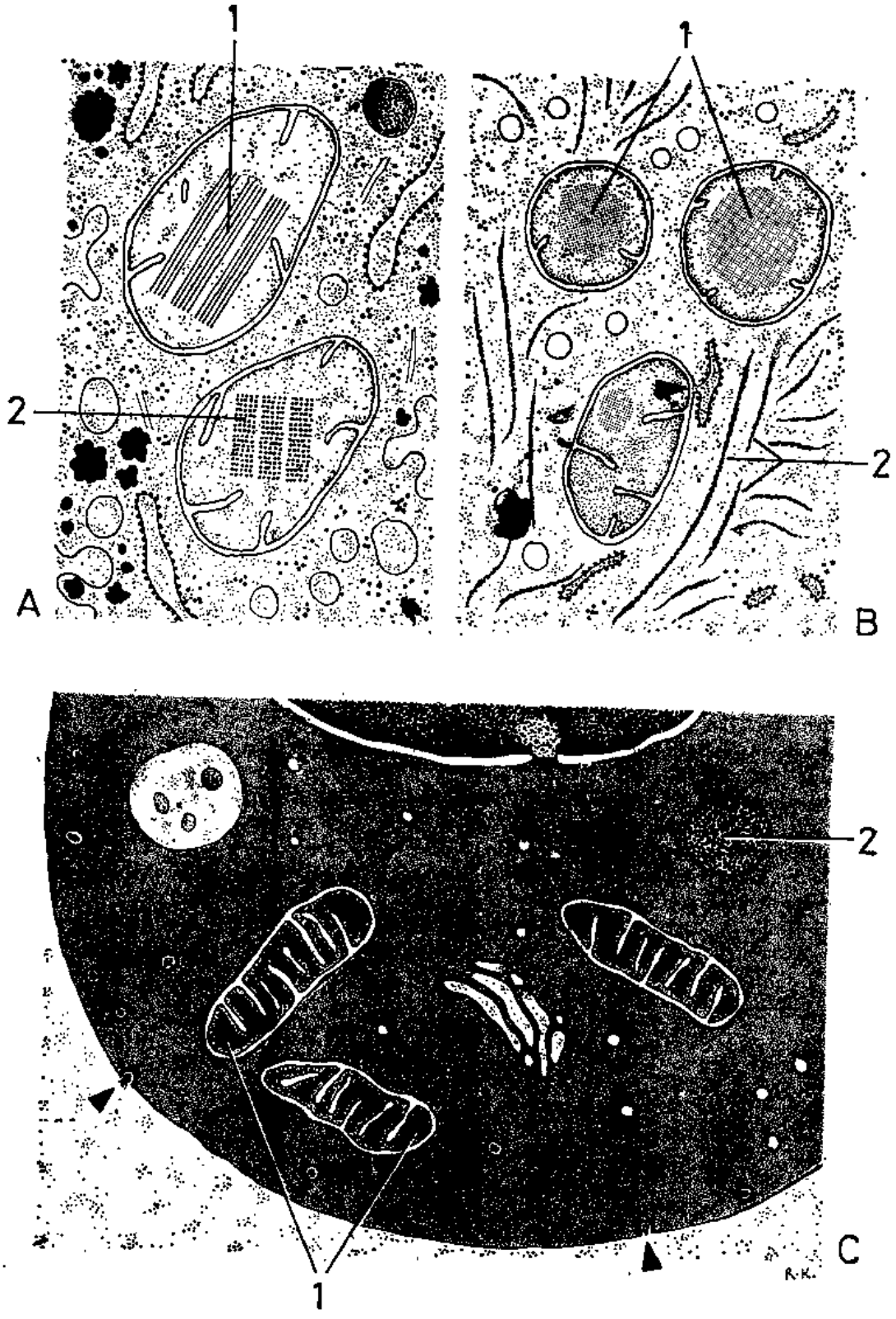
Ghadially, F. N., Lalonde J.-M. A., Oryschak. A. F.: Electron probe X-ray analysis of siderosomes in the rabbit haemarthrotic synovial membrane. *Virchows Archiv* [*Cell Pathol.*]22, 135—142 (1976)

Ishikawa, T., Fen Pei. Y.: Intramitochondrial glycogen particles in rat retinal receptor cells. *J. Cell Biol. 25.* 402—407 (1965)

Morré, J. D., Merreitt, W. D., Lembi, C. A.: Connections between mitochondria and endoplasmic reticulum in rat liver and onion stem. *Protoplasma 73*, 43—49 (1971)

Ruby, J. R., Dyer, R. F., Skalko, R. G.: Continuities between mitochondria and endoplasmic reticulum in the mammalian ovary. *Z. Zellforsch. 97.* 30—37 (1969)

Themann, H., v. Bassewitz, D. B.: Parakristalline Einschlußkörper der Mitochondrien des menschlichen Leberparenchyms. Elektronenmikroskopische und histochemische Untersuchungen. *Cytobiologie 1.* 135—151 (1969)


1
2
A
1
2
B
2
1
C

图版 26　线粒体基质。形态上独立的结构。线粒体复制。（大鼠的各种细胞）

A. 许多细胞的线粒体基质含有强嗜锇性线粒体内颗粒（A 1）。本图展示大鼠肾单位近曲小管的一个细胞的线粒体。线粒体内颗粒无膜包裹。高放大率中可见颗粒是由厚为 50 Å 的若干不规则的含磷脂板层构成。线粒体内颗粒可贮存二价阳离子，如钙、镁、钡、锶，但其精确意义仍不明。所有的线粒体膜和其它膜均为单位膜。

B. 冷冻蚀刻标本显示大鼠松果体细胞内的两个线粒体，两者均清楚展现线粒体外膜（B 1）、内膜（B 2）和嵴（B 3）。线粒体基质（B 4）被冷冻断裂并被部分地除掉。半球状结构（B 5）为分泌颗粒。注意粗面内质网的一部分（B 6）。

图版 18 中曾提到，线粒体含有它本身的遗传信息，从而完全不依靠核也能增殖。这种细胞内的部分独立性使它们取得半自主性细胞器的名称。

C. 显示大鼠肝细胞内的一个线粒体的分裂。

放大：A × 110,000；B × 38,000；C × 50,000

参　考　文　献

Bamard, T., Afzelius, A. B.: The matrix granules of mitochondria. A review. *Subcell. Biochem.* 1, 375—389 (1972)

Borst, P., Kroon, A. M.: Mitochondrial DNA: physicochemical properties, replication, and genetic function. Int. Rev. Cytol. 26, 107—190 (1969)

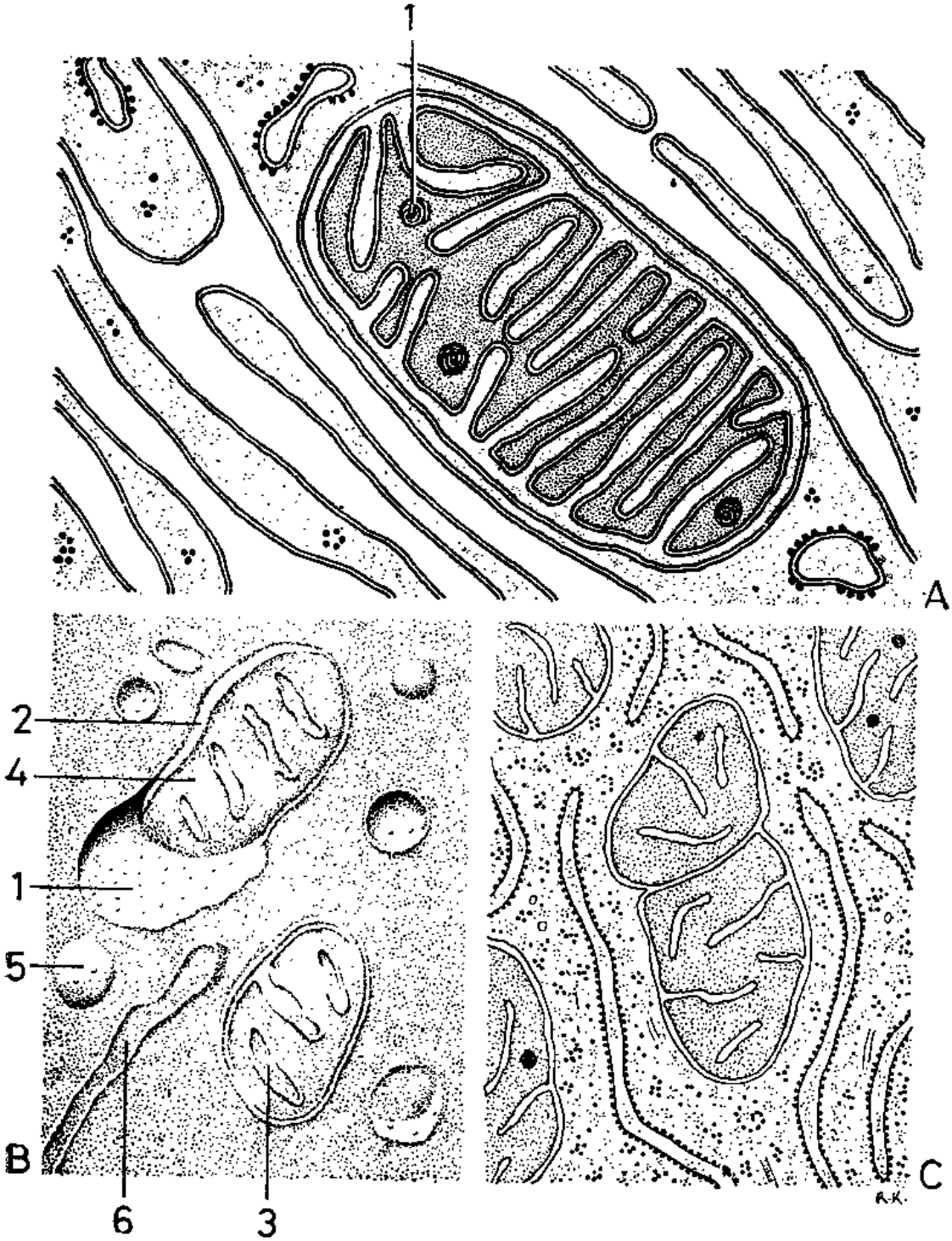
Chèvremont, M.: L'ADN mitochondrial. *Arch. Biol.* (Liege) 83, 269—278 (1972)

Nussdorfer, G. G., Rebuttat, P., Mazzocchi, G., Belloni, A. S., Meneghelli, V.: Investigations on adrenocortical mitochondria turnover. *Cell Tissue Res.* 150, 79—94 (1974)

Pannese, E.: Structures possibly related to the formation of new mitochondria in spinal ganglion neuroblasts. J. Ultrastruct. Res. 15, 57—65 (1966)

Storrie, B., Attardi, G.: Mode of mitochondrial formation in HeLa cells. *J. Cell Biol.* 56, 833—838 (1973)

Tandler, B., Hoppel, C. L.: Possible division of cardiac mitochondria. *Anat. Rec.* 173, 309—324 (1972)


1
A
2
4
1
5
B
6
3
C

图版 27　高尔基器(大鼠小肠的吸收上皮细胞)

高尔基器是一种形态不定的细胞器，它在细胞的合成过程中起重要作用。除了红细胞和角化上皮细胞外，它存在于所有细胞内，并位于核附近。在光镜染色的切片中通常看不到高尔基器。

A. 图中的方框区相当于 B 图中电镜所见的一个吸收细胞的核上区。

B. 高尔基器由扁囊或扁池(1)、大泡(2)和小泡(3)组成。由于细胞种类不同，由高尔基器所产生的大泡和小泡 (5,6)含有不同的分泌产物。扁池堆积成多层，它们的外周部常膨大成平均直径为 650 Å 的成群的大泡。

高尔基器的所有结构成分互相连结形成一个立体的网状的滑面迷路。这一高尔基区或高尔基复合体的绝大部分位于核附近。

高尔基器的凹面和凸面具有不同的细胞化学特点。在高度分化的细胞中，内质网的光滑双膜(4)和高尔基器连接。

线粒体(7)和高尔基器的贴近反映了后者的高度需能性。

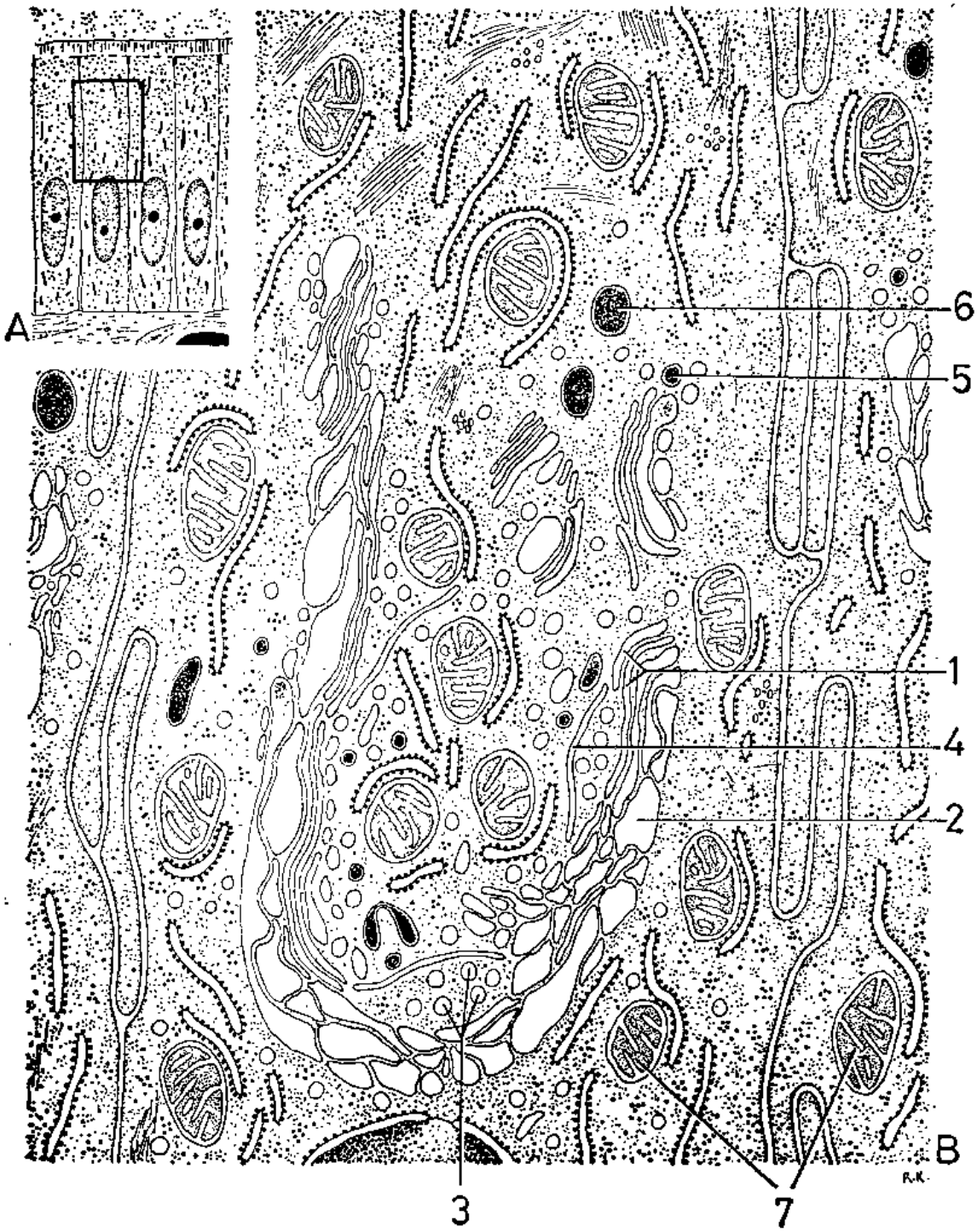
放大：A × 2,000；B × 38,000

参　考　文　献

Beams, H. W., Kessel, R. G.: The Golgi apparatus: Structure and function. *Int. Rev. Cytol.* 23, 209—276 (1968)

Dalton, A. J.: Golgi apparatus and secretion granules. In: The Cell. Brachet. J., Mirsky, A. E. (eds.), Vol. 2, pp. 603—619. New York: Academic Press 1961

Neutra, M., Leblond, C. P.: The Golgi apparatus. *Sci. Am.* 220, 100—107 (1969)


A
6
5
1
4
2
3
7
B
R.K.

图版 28　高尔基器(大鼠垂体前叶的生长素细胞)

本图显示在一个内分泌细胞中的发育良好的高尔基器的各部分。

许多高尔基池(1)中的一个呈切线切面，展示它的若干小孔(2)。一些高尔基大泡存贮了致密的嗜锇物质(3)。这些大泡在有些地方从高尔基器脱下(4)形成分泌颗粒(5)。

在高尔基器附近展现出许多运输或过渡性小泡 (6)，它们平均直径为650—700 Å。其中有些因为它们具有纤细的放射状丝而称为有衣小泡(7)，是由粗面内质网 (8) 出芽形成(图版 153 和 154)。箭头指三个微胞饮泡。

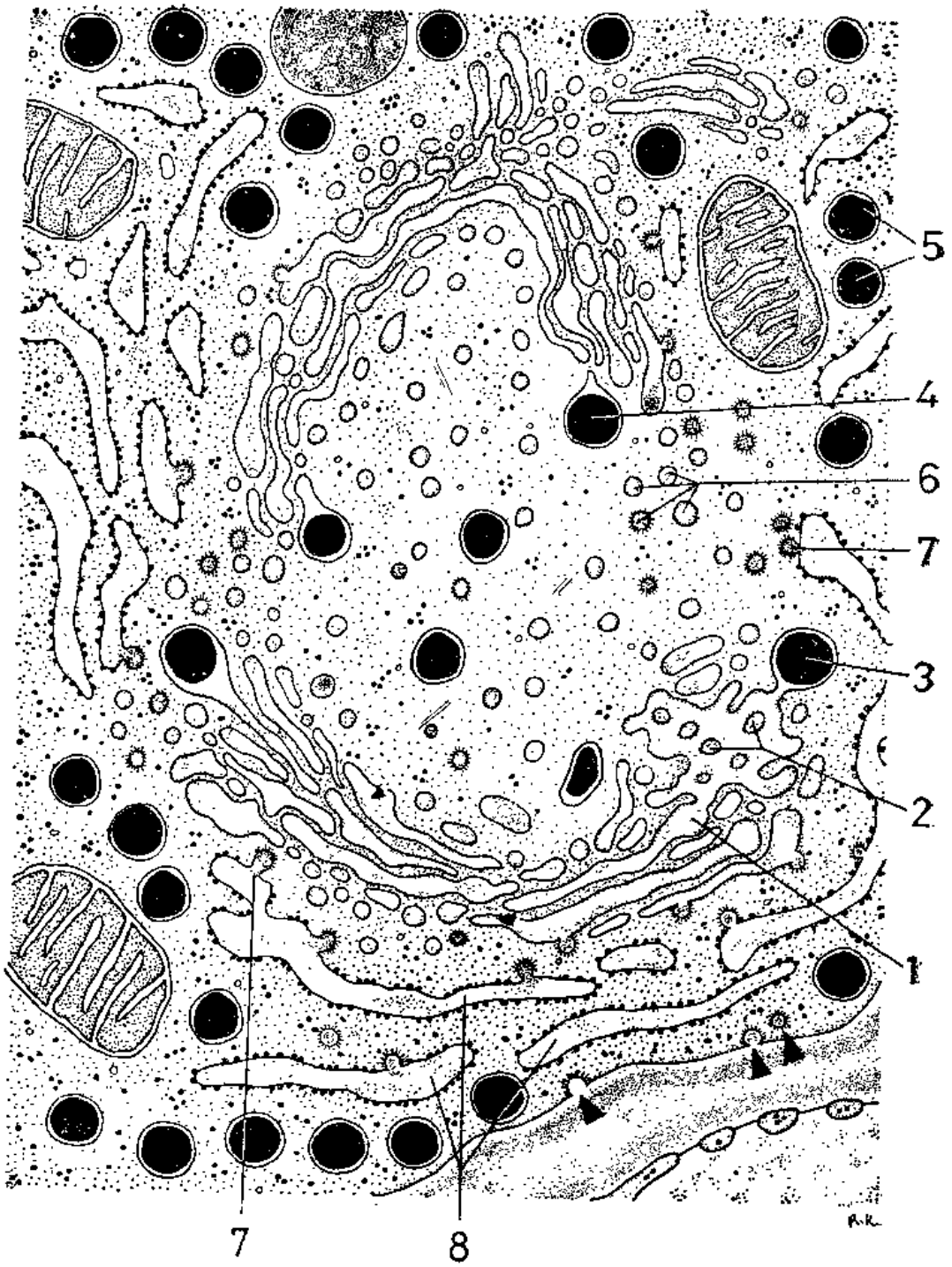
放大：×46,000

参　考　文　献

Cheng, H., Farquhar, M. G.: Presence of adenylate cyclase activity in Golgi and other fractions from rat liver. 2. Cytochemical localization within Golgi and ER membranes. *J. Cell Biol.* 70, 671—684 (1976)

Rambourg, A., Hernandez, W., Leblond, C. P.: Detection of periodic acid-reactive carbohydrate in Golgi saccules. *J. Cell Biol.* 40, 395—414 (1969)

Thiéry, J.-P.: Rôle de l'appareil de Golgi dans la synthèse des mucopolysaccharides. Étude cytochimique. I. Mise en évidence de mucopolysaccharides dans les vésicules de transition entre l'ergastoplasme et l'appareil de Golgi. *J. Microsc.* (Paris) 8,689—708 (1969)


5
4
6
7
3
2
1
7
8

图版 29　高尔基器。立体图象

此图表示高尔基器的简化形态，是分析超薄切片和冷冻断裂复型而得出的。

高尔基器由多层有孔小池(1)构成。有些池的内部用横断面显示(2)。众多的含有最终分泌产物的大泡(3)在池的外周处出芽。箭头指一个将脱下的分泌颗粒。

高尔基器所有的膜均为单位膜。

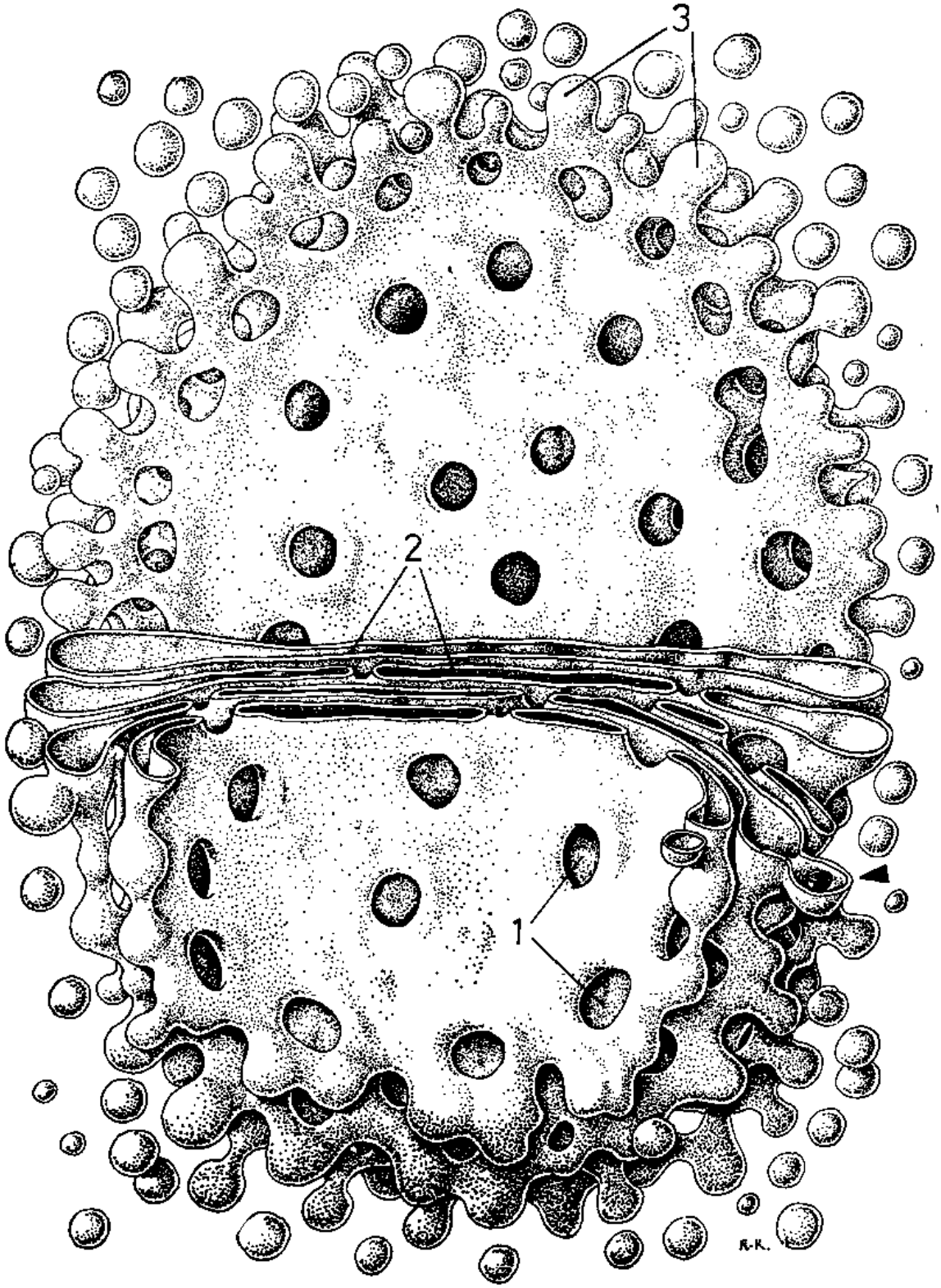
放大：×110,000

参　考　文　献

Claude, A.: Growth and differentiation of cytoplasmic membranes in the course of lipoprotein granule synthesis in the hepatic cells I. Elaboration of elements of the Golgi complex. *J. Cell Biol.* 47, 745—766 (1970)

Flickinger, C. J.: Fenestrated cisternae in the Golgi apparatus in the epididymis. *Anat. Rec.* 163, 39—45 (1969)

Sturgess, J. M., Moscarello, M. A., Vail, W. J.: Freeze fracture of the Golgi complex. *J. Cell Biol.* 59, 340a (1973)


3
2
1
R-K.

图版 30　高尔基区(大鼠甲状腺的C细胞)

A. 甲状腺滤泡上皮(A1)的光镜观，显示两个清亮的分泌降钙素的细胞，称为C细胞(A2)。

B. A图方框部分的超微结构细节。C细胞和体内其它细胞一样明显地具有多个高尔基器，特别是在活动增高期间。核(B1)的附近有若干层平行排列的高尔基池(B2)。这些散布在细胞各处的高尔基器成分称为高尔基区域网体(dictyosomes)，此一名称主要用于植物学中。虽然所有高尔基区都是互相连续的，但事实上在切片中不是经常能看到。

图的右下方可见相邻的滤泡上皮细胞(B3)的一部分。

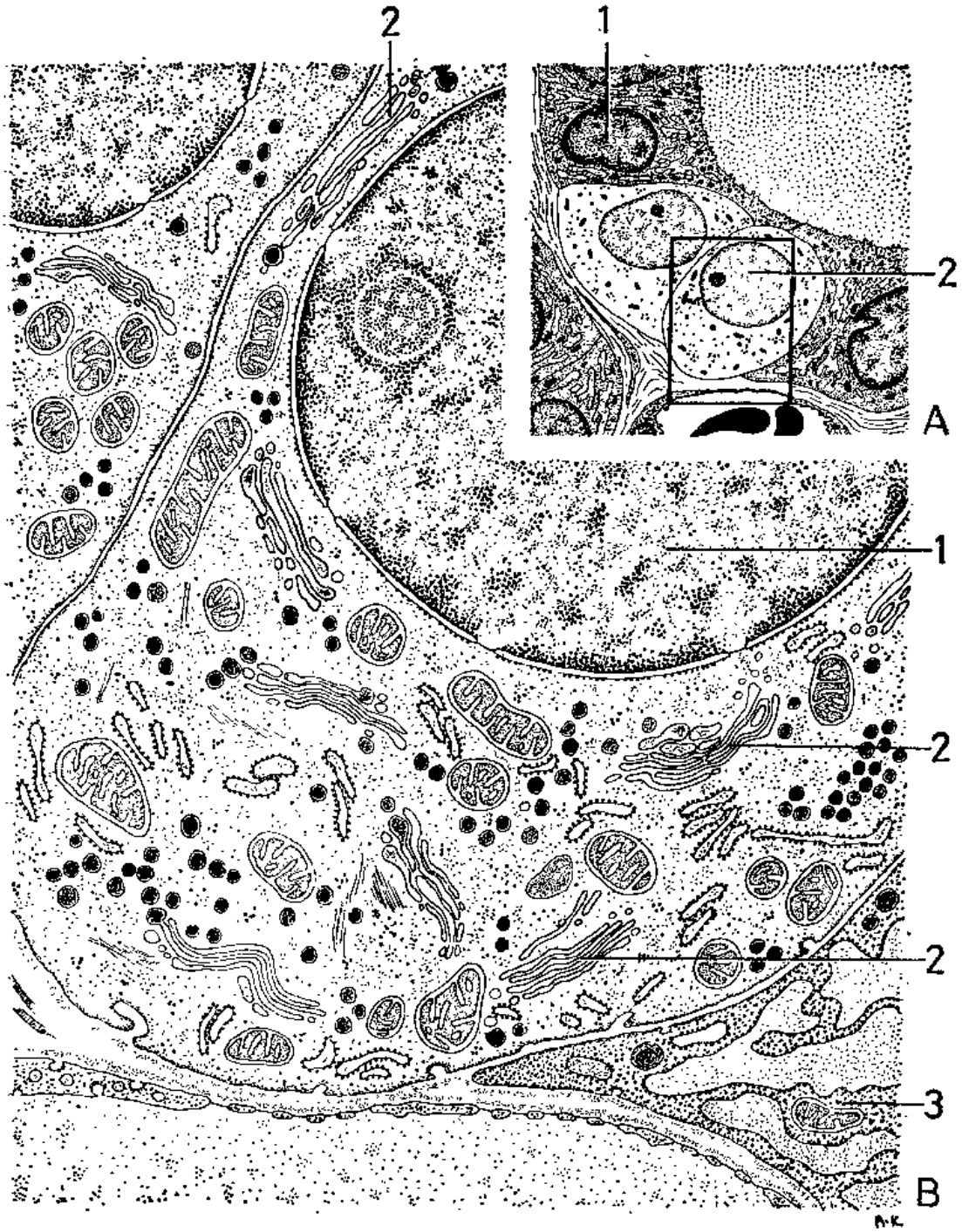
放大：A × 1,200；B × 17,000

参　考　文　献

Carasso, N., Ovtracht, L., Favard, P.: Observation en microscopie électronique haute tension, de l'appareil de Golgi sur coupes de 0,5à 5μ d'épaisseur. C. R. Acad. Sci [D] (Paris), 273,876—879 (1971)

Rambourg, A., Marraud, A., Chretien, M.: Tri-dimensional structure of the forming face of the Golgi apparatus as seen in the high voltage electron microscope after osmium impregnation of the small nerve cells in the semilunar ganglion of the trigeminal nerve. J. Microsc. 97,49—57 (1973)

Young, R. W.: The role of the Golgi complex in sulfate metabolism. J. Cell Biol. 57, 175—189 (1973)


2
1
2
A
1
2
2
3
B

图版 31　高尔基区。立体图象

根据高电压电镜观察的厚切片绘制的多个高尔基器组成的高尔基区。

在通过四个高尔基区（1）的横切面中可见所有结构均由单位膜组成。这些区一起围绕着核，在此图核被省去。分枝状小管(2)连接着高尔基池(3)，形成一个复杂的网。

注意高尔基池的内面有众多小孔（4）。

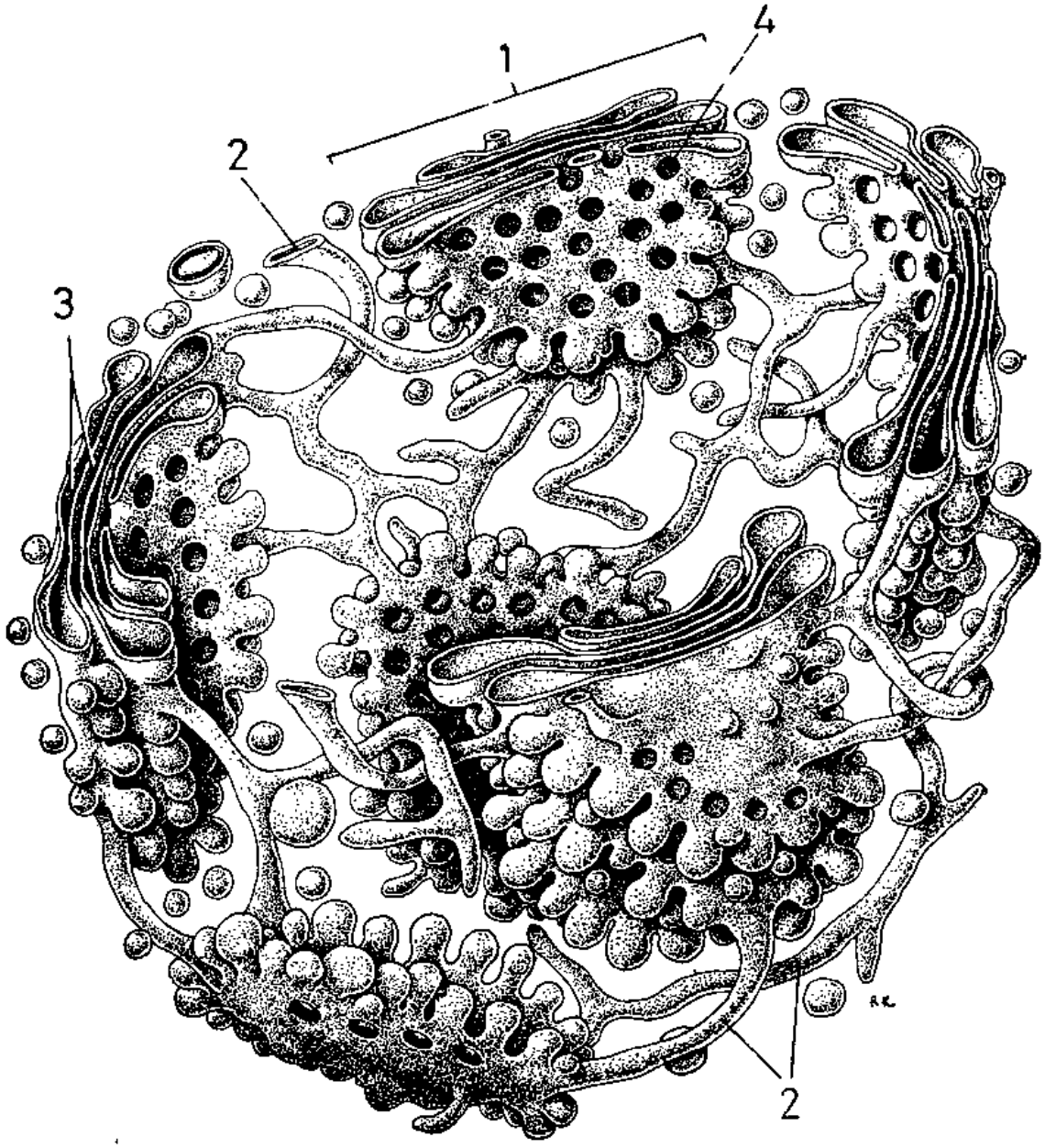
放大：×75,000

参　考　文　献

Palay, S. L., Chan-Palay, V.: High voltage electron microscopy of the central nervous system in Golgi preparations. *J. Microsc.* 97, 41—47 (1973)

Rambourg, A., Clermont, Y., Marraud, A.: Three-dimensional structure of the osmium-impregnated Golgi apparatus as seen in the high voltage electron microscope. *Am. J. Anat.* 140, 27—46 (1974)

Whaley, W. G.: The Golgi apparatus. Wien, New York: Springer 1975


1
2
3
4
2

图版 32　高尔基器-粗面内质网-溶酶体（GERL）复合体(大鼠视上核的神经分泌细胞)

在各种神经细胞和体细胞中已看到粗面内质网和高尔基器有一种特殊的连接而形成 GERL 复合体，它在分泌产物的合成中十分重要。

图示一个有很发达的动质（ergastoplasm）(1)（图版 44 和 45）的神经节细胞的高尔基器。高尔基器有一个凸面或形成面及一个凹面或成熟面。在外层高尔基池周围有大量成群的有衣小泡(2)，并且和许多光滑的运输小泡(3)一起，也存在于扁囊之间。在切线切面上，这一高尔基区的最后凹面扁池显示出一些小孔(箭头)，它们借无核蛋白体的小管和粗面内质网相连。因此推测，最内层扁池从动质产生的同时丢失了核蛋白体。滑面小管(4)，即动质突出物本身，穿入这些连接高尔基器的扁池(或 GERL 池)的小孔中。高尔基池内包含的同样密度的细颗粒状物质(5)也可见于脱下的分泌颗粒(6)中。

连接高尔基器的内质网参与(神经)分泌颗粒和(或)溶酶体的合成。它是一种普遍存在的细胞成分，它的形态可随细胞的活动状态而十分不同。

放大：×38,000

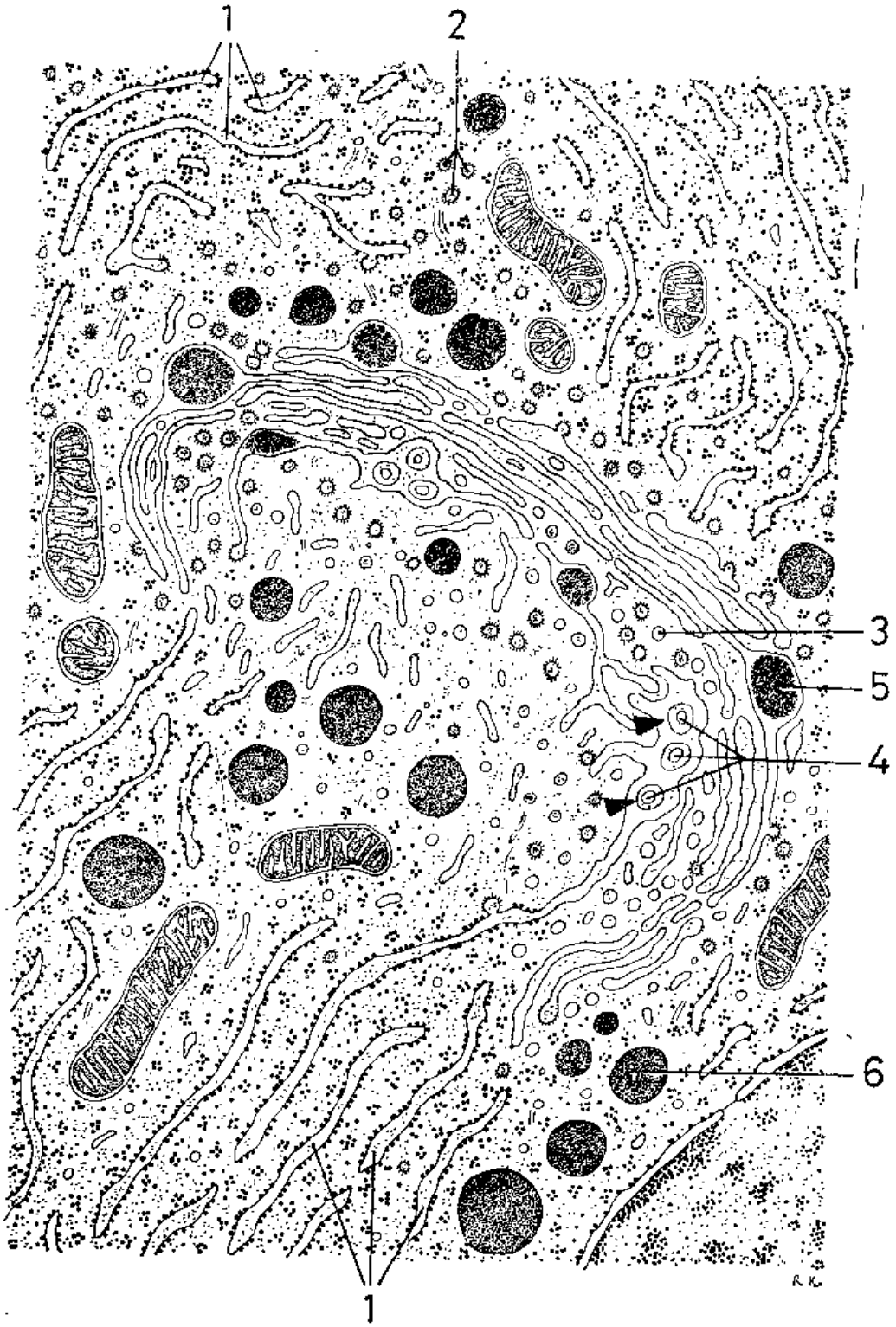
参　考　文　献

Dubois, P., Tachon, G.: "GERL-complex", lysosomes et grains de sécrétion au cours de la différentiation cellulaire dans une glande endocrine chez l'homme: l'antéhypophyse foetale. *J. Microsc.* 19, 253—264 (1974)

Hand, A. R., Olivier, C.: Cytochemical studies of GERL and its role in secretory granule formation in exocrine cells. Histochem. J. 9, 375—392 (1977)

Novikoff, P. M., Novikoff, A. B., Quintana, N., Hauw, J.-J.: Golgi apparatus, GERL, and lysosomes of neurons in rat dorsal root ganglia, studied by thick sections and thin section cytochemistry. *J. Cell Biol.* 50, 859—886 (1971)

Picard, D., Michel-Béchet, M., Athouël, A. M., Rua, S.: Granules neurosécrétoires, lysosomes et complexe GRL dans le noyau supra-optique du rat. Bipolarité des complexes golgiens *Exp. Brain Res.* 14, 331—353 (1972)


1
2
3
5
4
6
1

图版 33　GERL 复合体。立体图象

这一简图说明粗面内质网和高尔基器如何连接形成 GERL 复合体。

图版的正中上方是高尔基器的两个凸面扁池(1),从动质池来的有衣小泡(2)接近扁池并与之融合。靠近图的中央部有两个来自动质(3)的 GERL 池,它们仍借小管(4)与动质连在一起,扁池之一(5)被大量的小孔所洞穿,来自动质的光滑指状突起(6)穿入小孔中,最内面的 GERL 池(7)也同样伸出突起进到正好位于其上面一个扁池(5)的许多小孔中。

注意外周的高尔基囊和 GERL 池里聚集有细颗粒状物质(8)。经过自身分离,充满这种物质的小泡变为分泌颗粒(9)。外周的高尔基池含有高浓度的焦磷酸硫胺素和酶类,而 GERL 池里特别富有酸性磷酸酯酶。这一事实更能说明 GERL 也可以生成溶酶体(图版 32)。注意所有结构成分都有单位膜。

放大: ×110,000

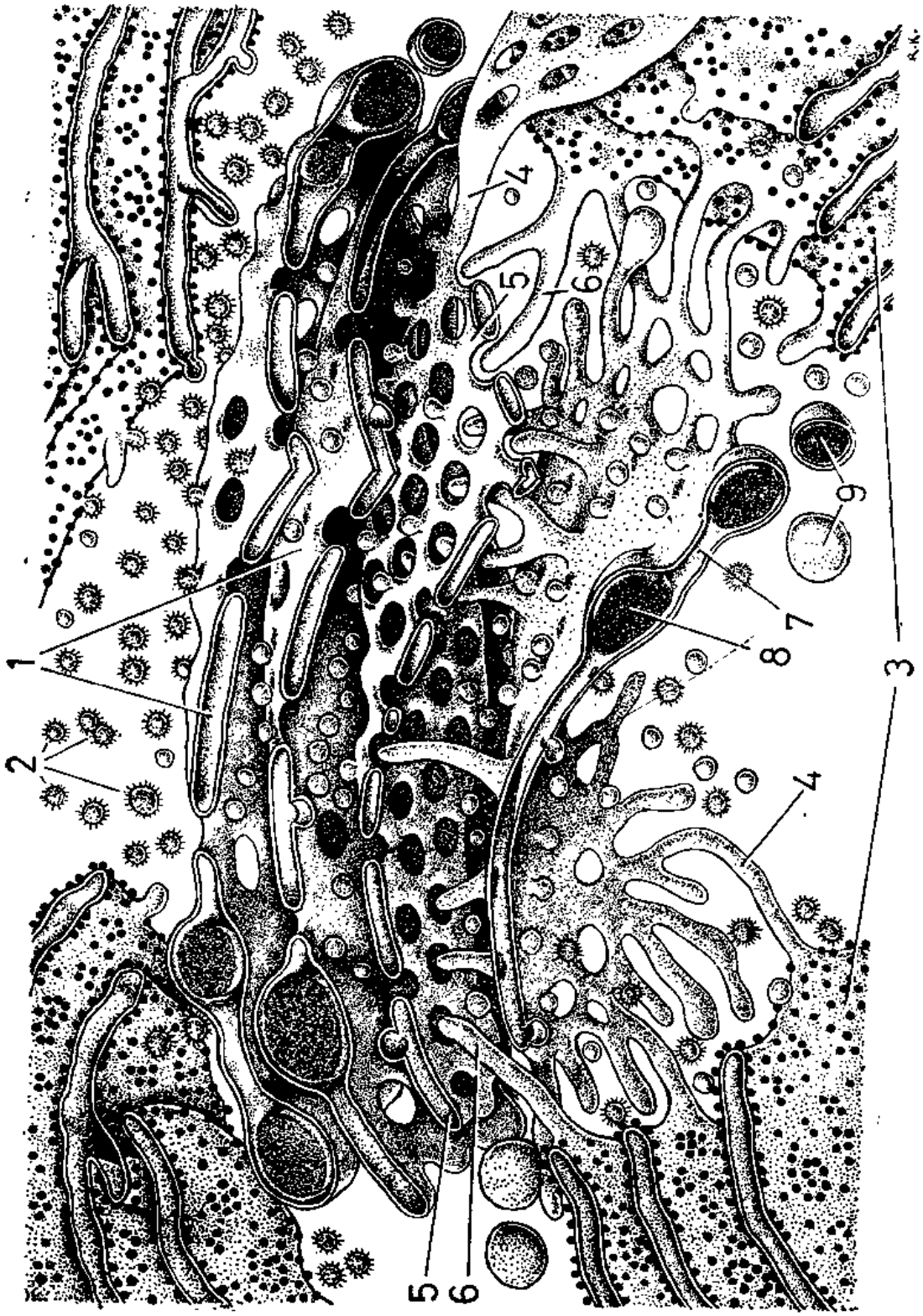
参　考　文　献

Crowther, R. A., Finch, J. T., Pearse, B. M. F.: On the structure of coated vesicles. *J. Mol. Biol.* 103, 785–798 (1976)

Hand, A. R., Oliver, C.: Cytochemical studies of GERL and its role in secretory granule formation in exocrine cells. *Histochem. J.* 9, 375–392 (1977)

Novikoff, A. B.: Cytochemical contribution of differentiation GERL from the Golgi apparatus. *Histochem. J.* 9, 525–551 (1977)

Novikoff, P., Yam, A.: The cytochemical demonstration of GERL in rat hepatocytes during lipoprotein mobilisation. *J. Histochem. Cytochem.* 26, 1–13 (1978)


1
2
3
4
5
6
7
8
9

图版 34　高尔基器。顶体的形成。（人的精细胞）

顶体是高尔基器的产物。在精子发生过程中，高尔基器产生了一些嗜锇的、含碳水化物的前顶体粒（A 1 和 B 1），其中若干颗粒融合形成顶体粒（2），逐渐靠近到未来的精细胞核（3）的顶部。与此同时，膨大的高尔基池，即所谓的顶体泡（4）包被着顶体粒，这样就形成了帽样的顶体。由于它对其它高尔基小泡（5）的同化，顶体不断扩大（A 和 B 的长箭头）。在精子形成的末期，顶体几乎包裹着精子的整个头部（图版 4）。顶体和核相接触部位的核膜变成无核孔的狭窄间隙（6）。

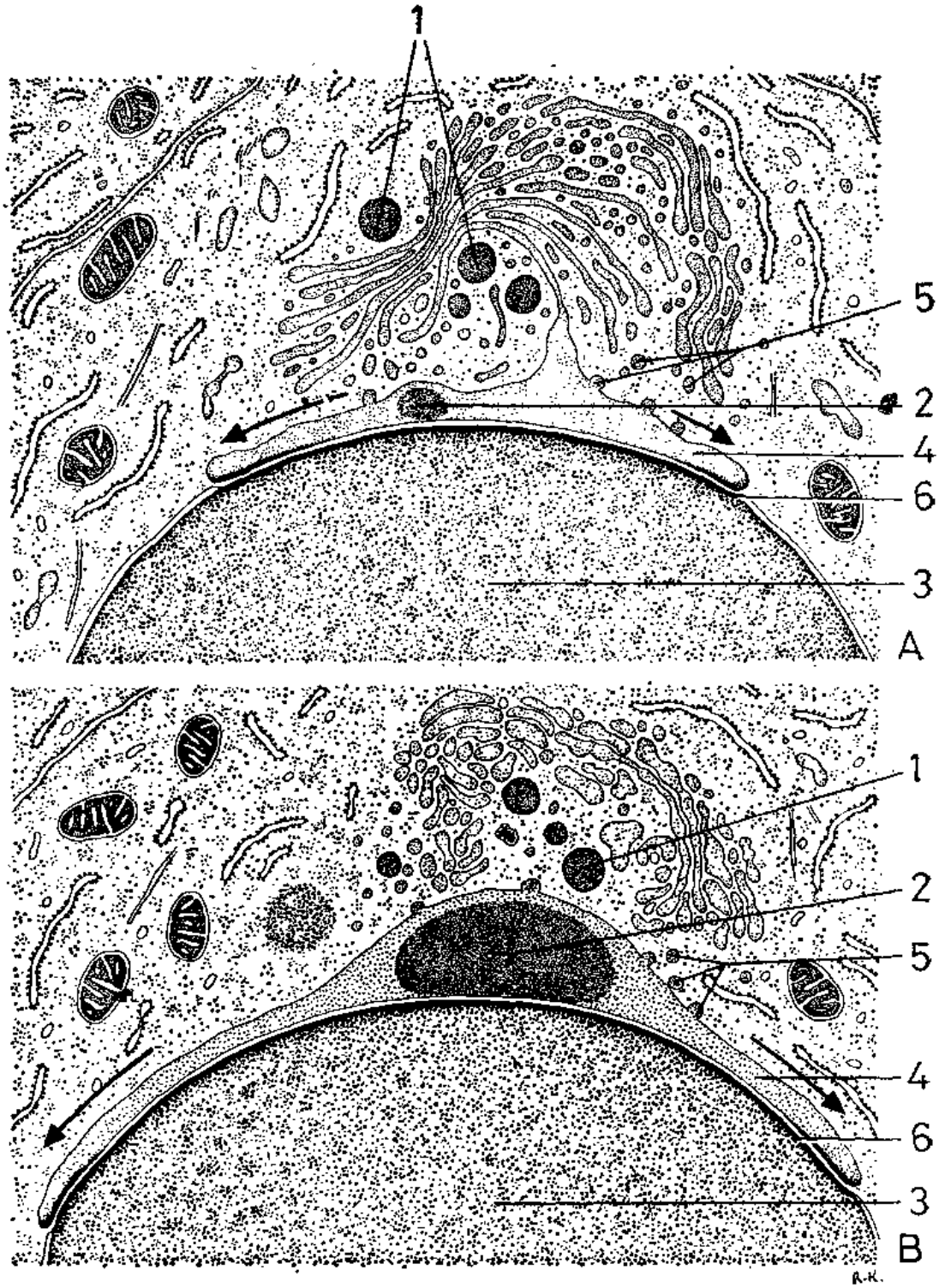
顶体含有为穿过透明带所需的蛋白水解酶（图版 97）。缺少顶体或顶体发育不良可致不育。

放大：A 和 B × 20,000

参　考　文　献

Bedford, J. M., Nicander, L.: Ultrastructural changes in the acrosome and sperm membranes during maturation of spermatozoa in the testis and epididymis of the rabbit and monkey. *J. Anat.* 108, 527—543 (1971)

Susi. F. R., Leblond, C. P., Clermont, Y.: Changes in the Golgi apparatus during spermiogenesis in the rat. *Am. J. Anat.* 103, 251—268 (1971)


1
5
2
4
6
3
A
1
2
5
4
6
3
B
R.K.

图版 35　粗面内质网(大鼠的浆细胞)

内质网是一个由膜包围的立体空间系统，存在于除红细胞以外的所有细胞中。它有两种基本类型：面向细胞质的膜上密布着核蛋白体的，称为粗面型，没有核蛋白体附着的称为滑面型。粗面内质网在结构上可以是管状、板层状、泡状或海绵状。本图和以下的几个图只展示最常见的形态。

粗面内质网在合成蛋白质的细胞中特别丰富。例如，在高度有成效地产生免疫球蛋白的浆细胞中，细胞质内充满了小池(1)，即粗面内质网的膨大间隙。箭头所指处是核周隙和内质网腔的连续处，该处存在的网质为中等嗜锇物质。有些池只通过一薄层细胞质(2)将它与细胞环境分隔开来。不过，至少对哺乳类细胞而言，尚未能肯定细胞的周围环境是通过细胞膜的陷入长箭头与内质网间隙相连续。

放大：×14,000

参　考　文　献

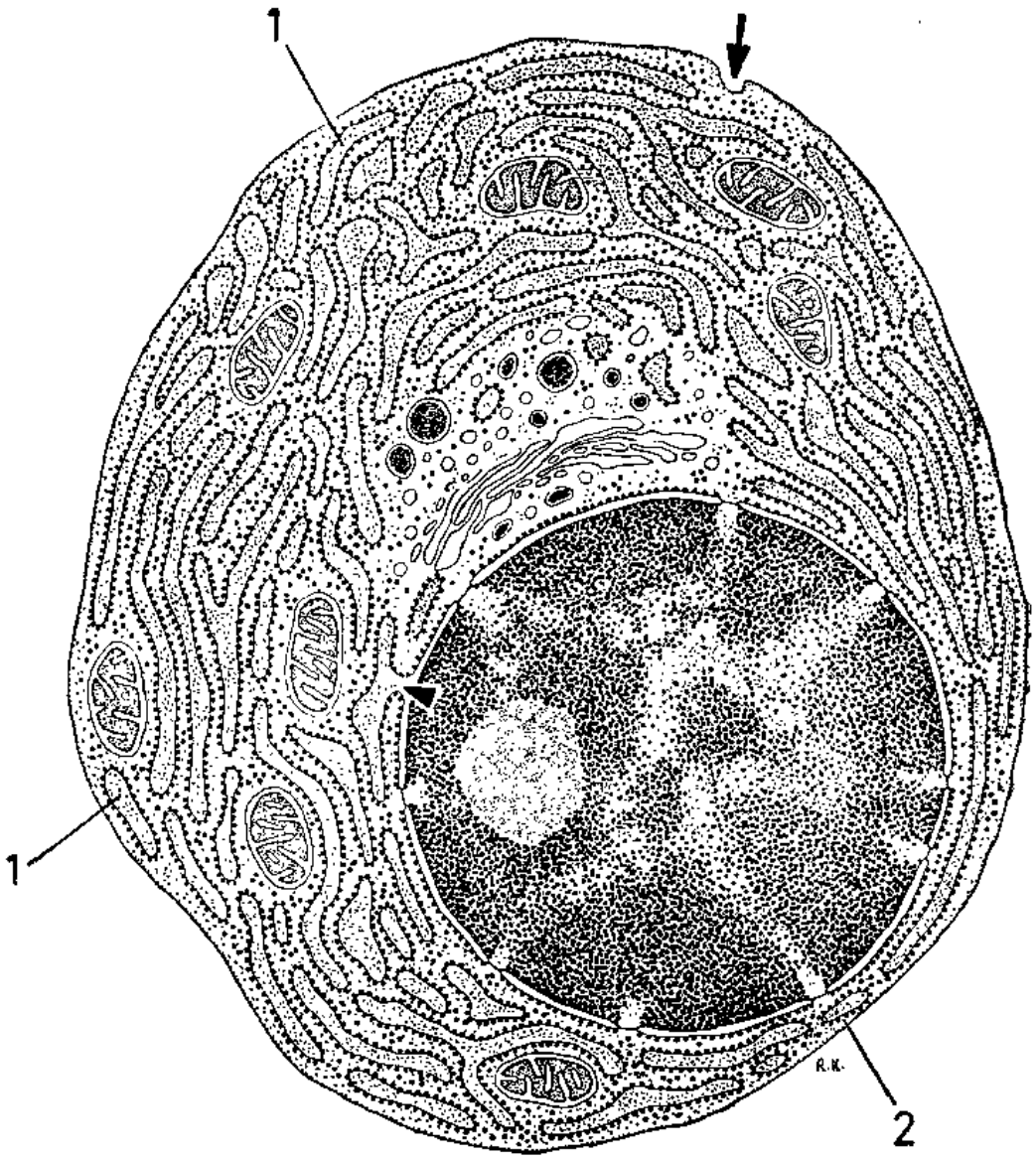
Bielka, H.: Struktur und Funktion der Ribosomen. *Biol. Rundsch.* 15, 1—17 (1977)

Löwe, H.: Struktur und Genese des endoplasmatischen Retikulums. *Acta Histochem.* [Suppl.] (Jena) 17, 13—30 (1976)

Porter, K. R.: The ground substance; observations from electron microscopy. In The Cell. Brachet, J., Mirsky, A. E. (eds.). pp. 621—675. New York, London: Academic Press 1961

Sainte-Marie, G.: Study on plasmocytopoiesis. I. Description of plasmocytes and of their mitoses in the mediastinal lymph nodes of ten-week-old rats. *Am. J. Anat.* 114, 207 (1964)

Weinstock, A.: Plasma cells in human gingiva: an electron microscope study. *Anat. Rec.* 162, 289—300 (1968)


1
1
2
R.K.

图版 36　粗面内质网(大鼠疏松结缔组织的成纤维细胞)

成纤维细胞是幼细胞,它十分活跃地制造胶原纤维、网状纤维和弹性纤维。由于这些纤维是蛋白类产物，所以成纤维细胞有发达的、具中等嗜锇网质的粗面内质网(1)。在有些地方,周围细胞质带(或外质)薄如膜(2)。大量游离核蛋白体(3)散在于内质网池间，或者群集成多聚核蛋白体(4)。在形态发生过程中，成纤维细胞分化成成熟的结缔组织细胞。这些纤维细胞很少参与蛋白质合成。因此,它们的粗面内质网不发达,这一特点有助于将它们与成纤维细胞区别开来。

放大：×22,000

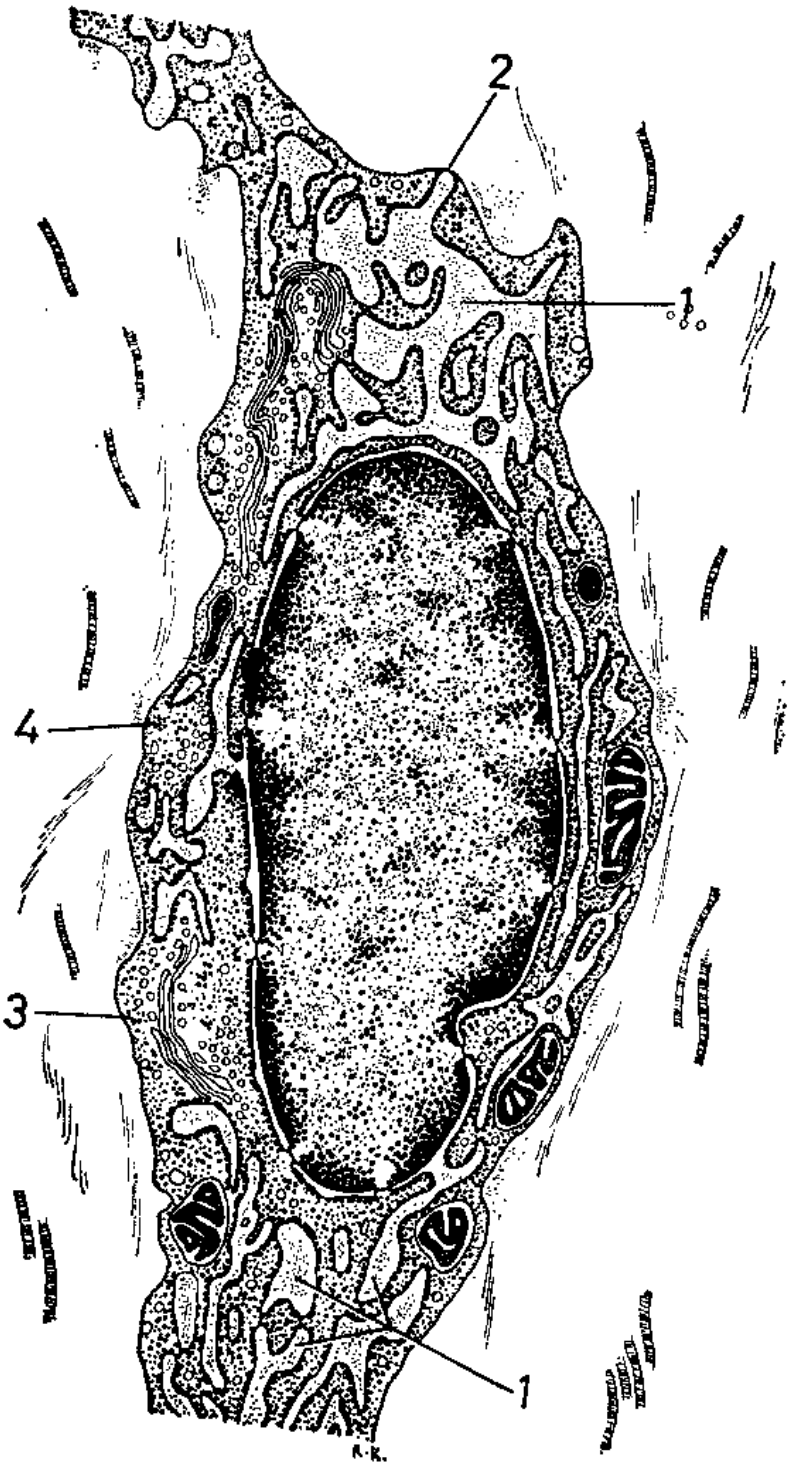
参　考　文　献

Bielka, H.: Zur subzellulären Organisation der Proteinbiosynthese. *Acta Histochem.* [Suppl.] (Jena) 17, 31—41 (1976)

Dallner, G., Siekevitz, P., Palade, G. E.: Biogenesis of endoplasmic reticulum membranes. *J. Cell Biol.* 30, 73—96 (1966)

Greenlee, T. K., Ross, R.: The development of the rat flexor digital tendon, a fine structure study. *J. Ultrastruct. Res.* 18, 354—376 (1967)

Kaiser, E., Stockinger, L.: Morphologie und Biochemie des Bindegewebes. *Munch. Med. Wochenschr.* 10, 321—333 (1971)


2
1
4
3
1
A.K.

图版 37　粗面内质网(大鼠连合下器官的上皮细胞)

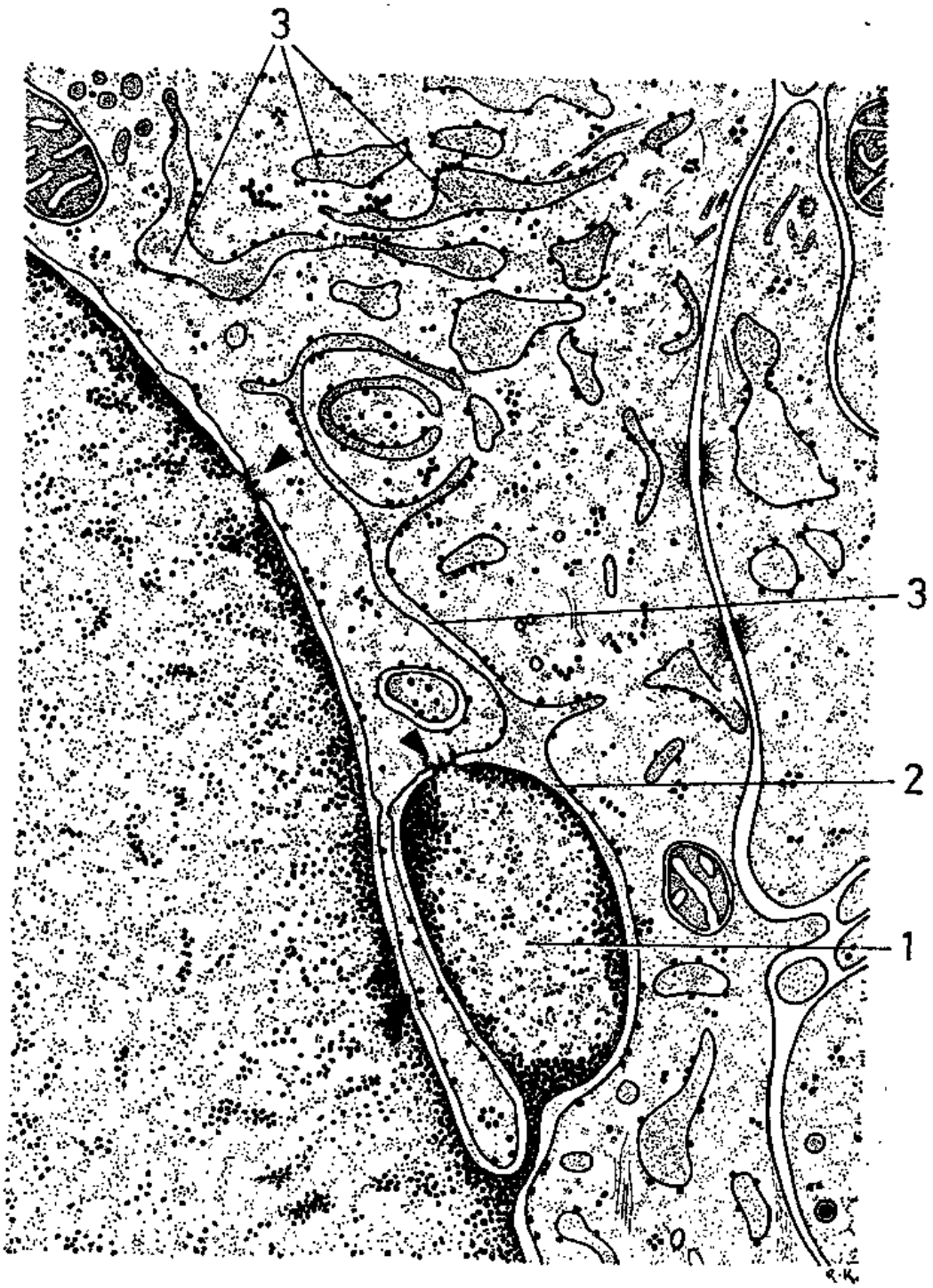
在细胞活动的不同状态下同类细胞的粗面内质网在形态和大小上可有相当大的差异。连合下器官是脑的后连合下方的一个高柱状细胞区。在实验室里用普通条件饲养的大鼠其粗面内质网的间隙狭窄,并且形态奇特。

图中显示一滴状核突出物(1),它的核周隙(2)与粗面内质网(3)吻合。箭头指的是核孔复合体。

放大: ×44,000

参　考　文　献

Chen, I. L., Lu, K.-S., Lin, H.-S.: Electron microscopic and cytochemical studies of the mouse subcommissural organ. *Z. Zellforsch.* 139, 217—236 (1973)


3
3
2
1

图版 38　粗面内质网(大鼠连合下器官的应力刺激的上皮细胞)

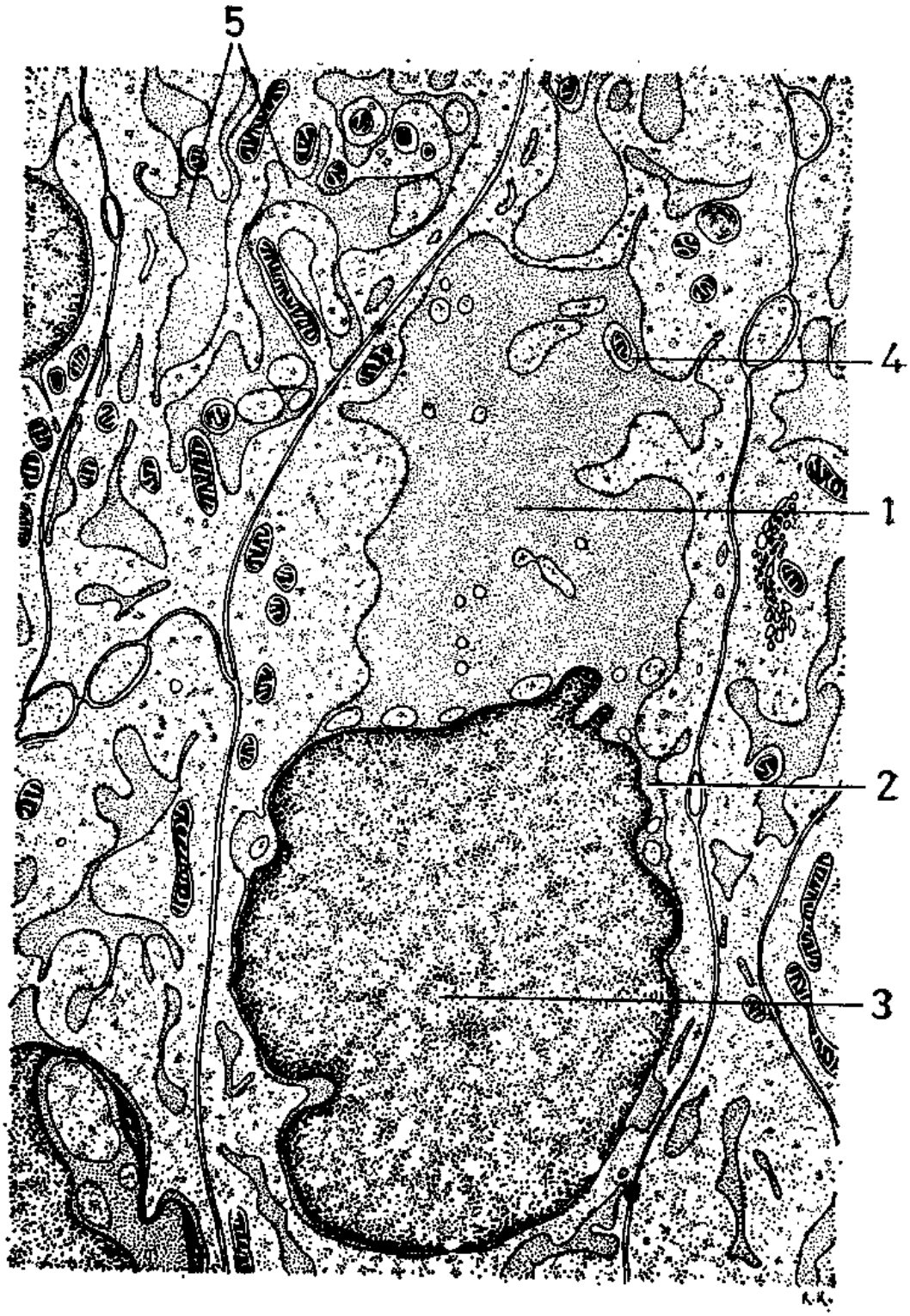
细胞活动需要大量的酶,在绝大多数情况下伴有粗面内质网间隙的膨大。

将实验动物置入一个所有活动都受限制的小笼内,在这种制动应激下,下连合器官的某些上皮细胞里粗面内质网(1)显著扩张,并且向核周隙(2)的开口很宽。细胞核(3)被浸泡在内质网的内含物中,内质网中分散着小岛状的带有细胞器的胞质小区(4)。注意图左边的粗面内质网(5),它们的奇特形态是这些细胞的特征。

放大: ×18,000

参　考　文　献

Miline. R., Krstic, R., Devečerski, V.: Sur le comportement du réticulum endoplasmique des épendymocytes de l' organe sous-commissural. du rat dans le stress. Fourth European Regional Conference on Electron Microscopy. Part II, pp. 363－364. Rome: Vaticana 1968


5
4
1
2
3

图版 39　粗面内质网(大鼠松果体细胞)

如前所述,内质网是一种高度可变的细胞器,它的形态可随着细胞的形态而改变。

在松果体细胞的胞质突(1)里,粗面内质网(2)呈胶卷样,横切面呈螺旋状。在胞质突附近是另外的具有泡状粗面内质网(3)的松果体细胞,肾上腺素能神经末梢(4),胶原微纤维(5)和毛细血管(6)。

放大: ×37,000

参　考　文　献

Flickinger, C.: Regional variations in endoplasmic reticulum in the vas deferens of normal and vasectomized rats. *Anat. Rec.* 176, 205—224 (1973)

Pfuderer, P., Schwartzendruber, D. C.: The configuration of isolated polysomes. *J. Cell Biol.* 30, 193—197 (1966)

3
4
1
5
2
3
6

图版 40　粗面内质网(大鼠甲状腺滤泡细胞)

A. 光镜下所示的甲状腺上皮,方框部分用电镜放大,示于 B 图。

B. 甲状腺滤泡细胞除了合成球蛋白外,还合成甲状腺素和三碘甲状腺原氨酸,并将它们结合形成甲状腺球蛋白。它们的粗面内质网 (B_1) 的特征是,具有带众多核蛋白体的膨大的池和细颗粒状的嗜锇内含物。

用低温刺激滤泡上皮,导致池显著扩张,并且其内容物的密度减低。相反,热刺激可抑制细胞的活动,并导致池的收缩。在池之间有线粒体 (B_2),游离核蛋白体 (B_3) 和分泌颗粒 (B_4)。注意细胞顶面有一些形状不规则的微绒毛 (B_5)。

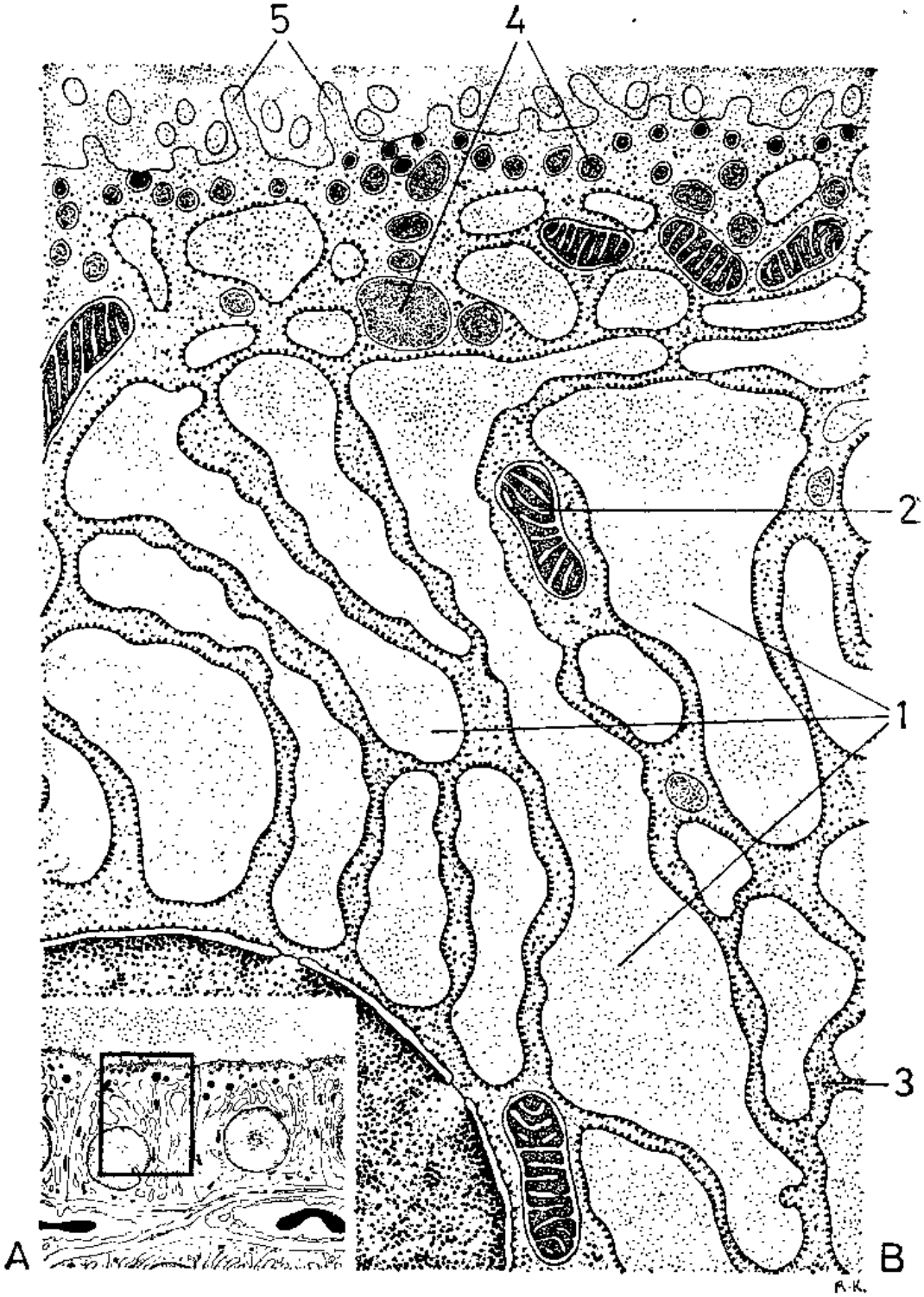
放大: A × 1,000; B × 32,000

参　考　文　献

Berg, G.: An electron microscopic study of the thyroglobulin molecule. *J. Ultrastruct. Res.* 42, 324—336 (1973)

Droz, B., Pisam, M., Chrétien, M.: Morphological aspects of protein synthesis. Karolinska Symposia 6, 13—32 (1973)

Heimann, P.: Ultrastructure of human thyroid. *Acta Endocrinol.* (Kbh.) 53, 1—102 (1966)


5
4
2
1
3
A
B

图版 41　粗面内质网(大鼠肝细胞)

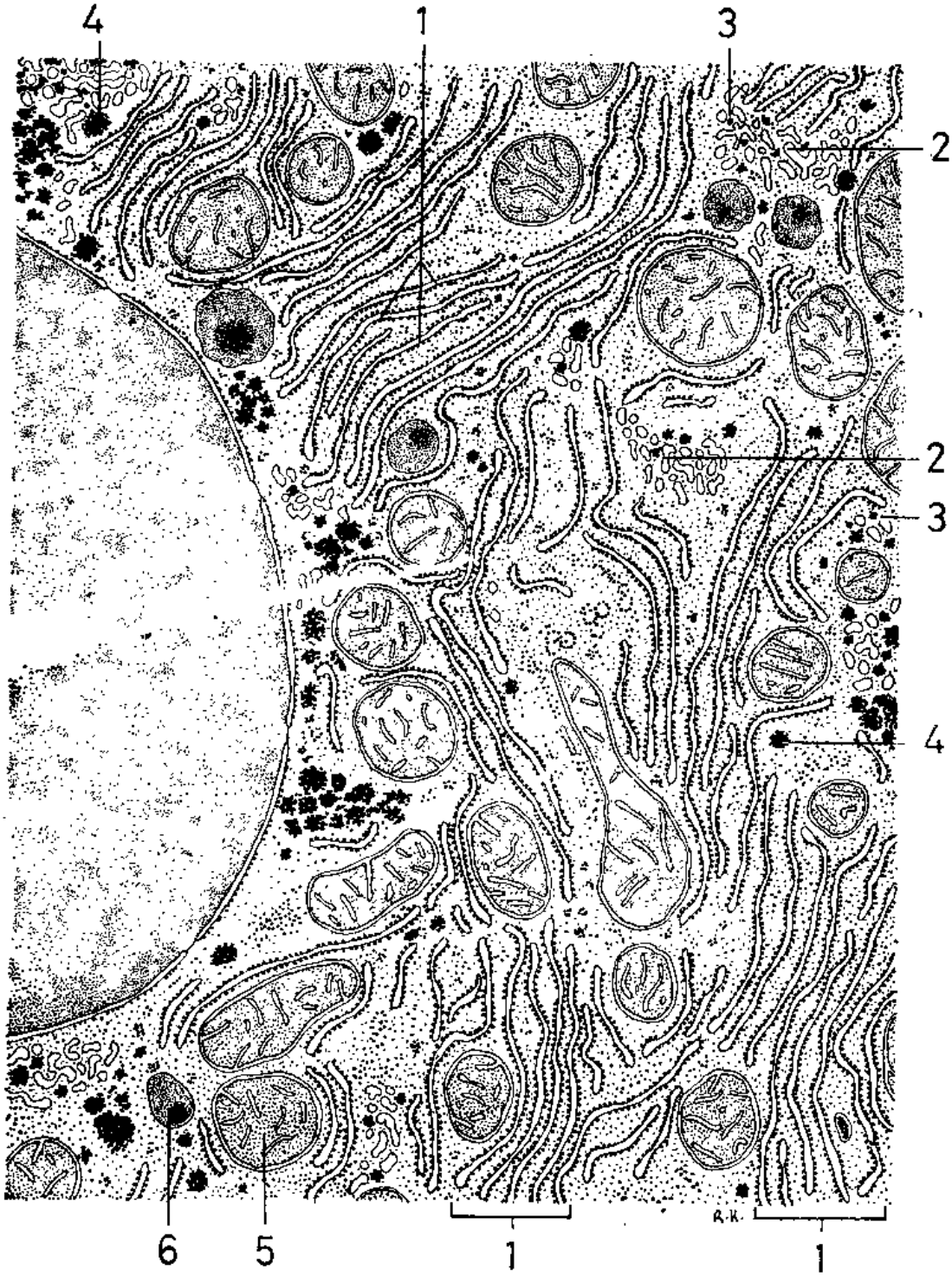
肝实质细胞具有丰富的粗面内质网(或动质)(1),这是与其高度活跃的蛋白质合成相一致的。粗面内质网的板层大部分呈平行堆垛状态。另外,细胞还含有滑面内质网(2),它在糖原合成中起某种重要作用。糖原颗粒呈现为致密(黑色)颗粒(3)或玫瑰花形(4),分布在滑面内质网小管之间或散在于整个细胞质中。线粒体(5)和过氧化物酶体(6)位于粗面内质网的板层之间。

放大: ×25,000

参　考　文　献

Adelman, M. R., Sabatini, D. D., Blobel, G.: Ribosome-membrane interaction. Nondestructive disassembly of rat liver rough microsomes into ribosomal and membranous components. *J. Cell Biol.* 56, 206—229 (1973)

Haguenau, F.: The ergastoplasm: its history, ultrastructure and biochemistry. *Int. Rev. Cytol.* 7, 425—483 (1958)


4
1
3
2
2
3
4
6
5
1
1

图版 42　粗面内质网(大鼠胃腺的主细胞)

另一个具有复杂粗面内质网的合成蛋白质的细胞是胃腺固有的主细胞。这些分泌胃蛋白酶原的细胞含有大量平行板层(1)排列的粗面内质网,称为动质。在板层之间为大量游离核蛋白体。

在具有明显核仁的核的上方,注意有扩张的高尔基器(2)和分泌颗粒(3),其中有些分泌颗粒正在向细胞外排出(4)。此细胞侧面有两个相同的细胞,而左下方是一个壁细胞(5)的一部分。

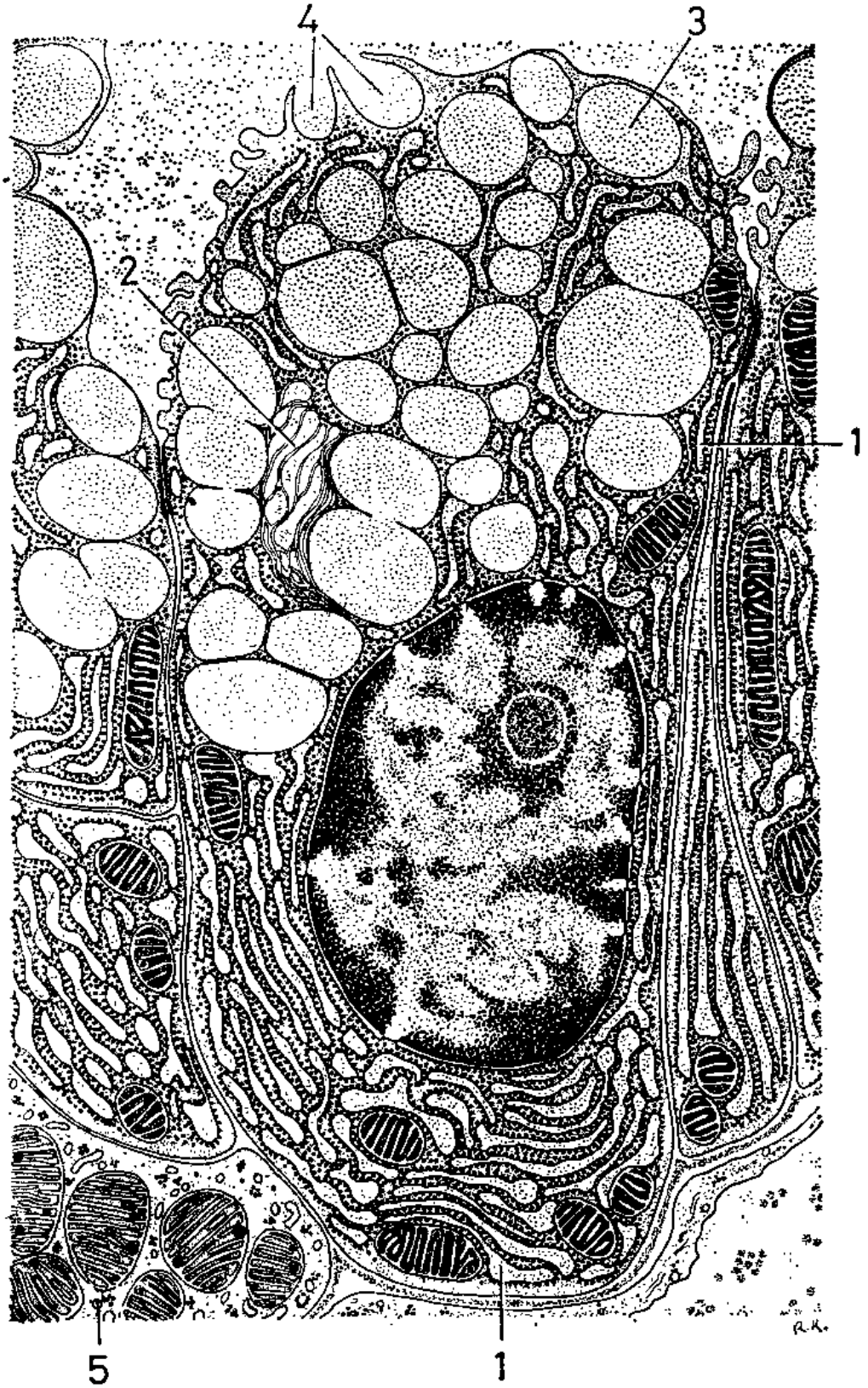
放大: ×15,000

参　考　文　献

Campbell, P. N., von der Decken, A.: Cytomembranes and ribosomes. In: The cell in medical science. Beck, F., Lloyd, J. B. (eds.) Vol. 1, pp. 143—181. London, New York: Academic Press 1974

Dallner, G., Siekevitz, P., Palade, G. E.: Biogenesis of endoplasmic reticulum membranes. I. Structural and chemical differentiation in developing rat hepatocyte. *J. Cell Biol.* 30, 73—96 (1966)

Dallner, G., Siekevitz, P., Palade, G. E.: Biogenesis of endoplasmic reticulum membranes. II. Synthesis of constitutive microsomal enzymes in developing rat hepatocytes. *J. Cell Biol.* 30, 97—117 (1966)


4
3
2
1
5
1

图版 43　粗面内质网。一个胃腺细胞的立体图象

几乎整个细胞均充满有窗孔的粗面内质网池(1)。为了清楚起见，窗孔(2)不成比例地加以放大。

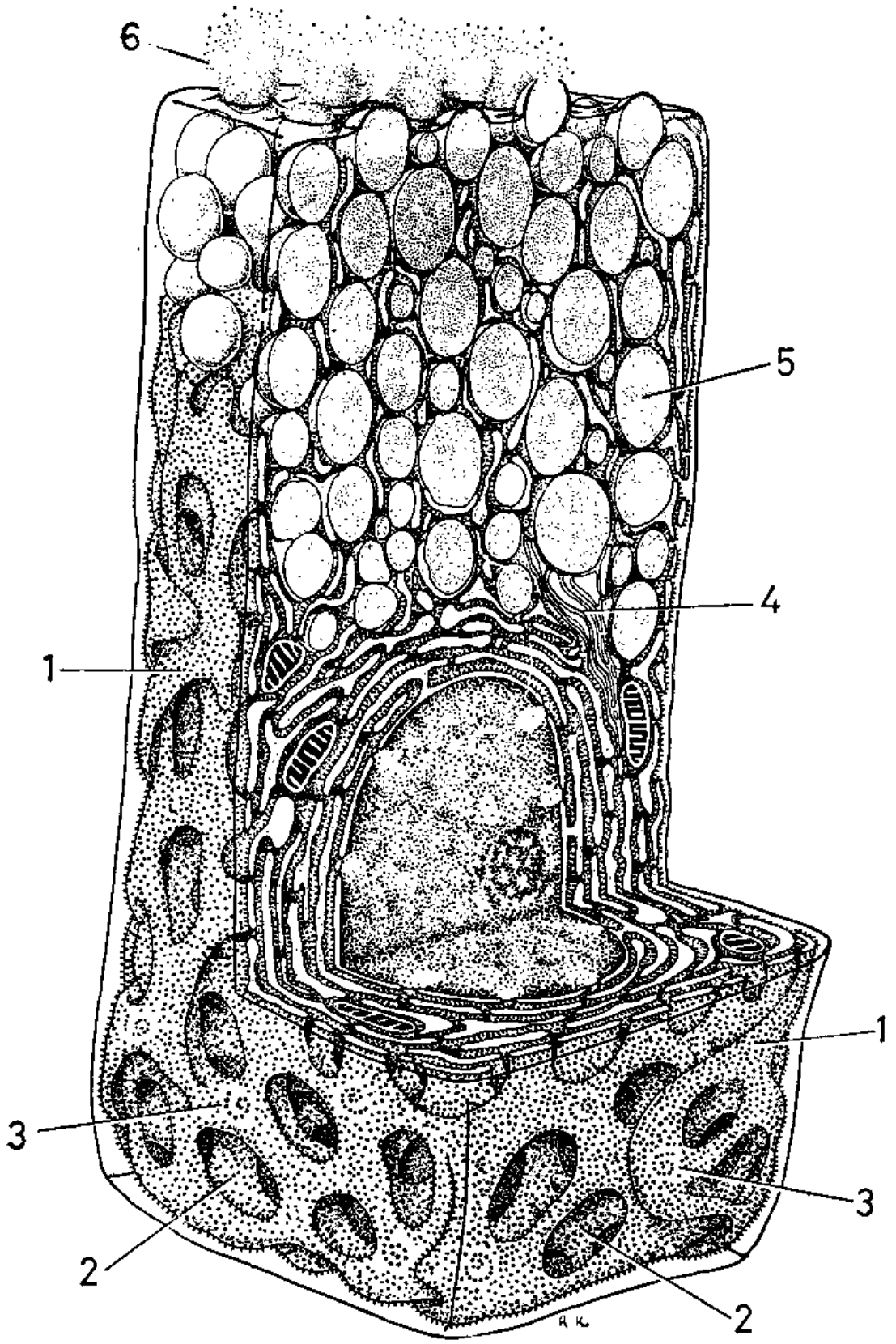
粗面内质网的外表显示无数单个或成螺旋状小群的核蛋白体(3)。细胞上部含有高尔基器(4)及分泌颗粒(5)，其排出细胞的内含物为细颗粒状的弱嗜锇物质(6)。此种无生物活性的胃蛋白酶原只有当它在胃粘膜表面与胃液的盐酸相遇时，才被致活成蛋白水解胃蛋白酶。

放大：×16,000

参　考　文　献

Ito, S.: The endoplasmic reticulum of gastric parietal cells. *J. Biophys. Biochem. Cytol.* 11, 333—347 (1961)

Orci, L., Perrelet, A., Like, A. A.: Fenestrae in the rough endoplasmic reticulum of the exocrine pancreatic cells. *J. Cell Biol.* 55, 245—249 (1972)


6
5
4
1
1
3
3
2
2

图版 44　粗面内质网(大鼠脊髓运动神经元的动质或尼氏体)

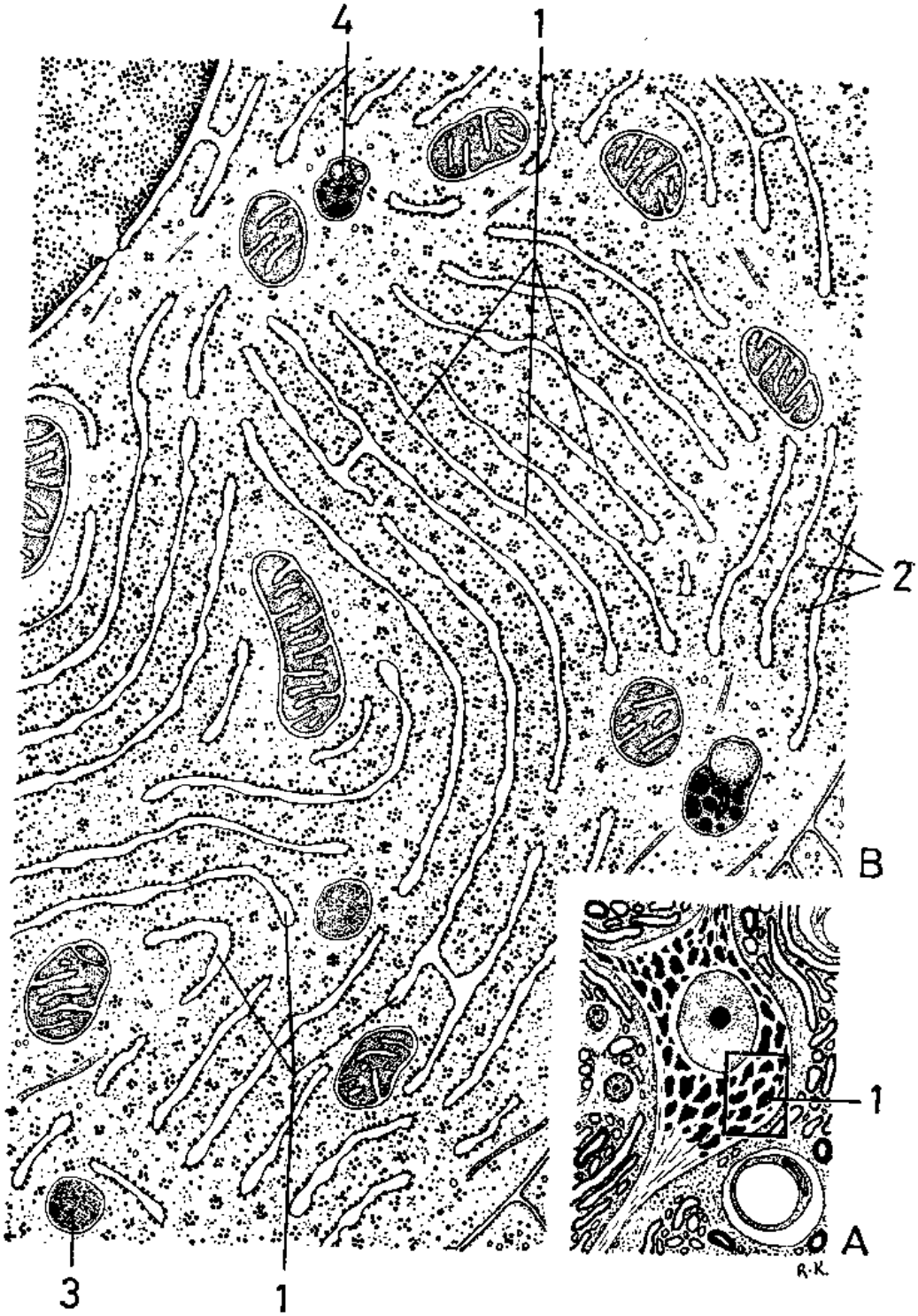
A. 光镜观察神经细胞含有不规则的强嗜碱性颗粒,称为嗜色性物质或尼氏体(A 1)。B 为方框区的电镜观察。

B. 在超微结构方面,证明尼氏体是由动质组成。和膜结合的核蛋白体(B 1)及无数游离的核蛋白体(B 2)内的 RNA 含量高,造成它们能被碱性染料着色。注意动质膜之间的初级(B 3)和次级(B 4)溶酶体。动质是内质网的特殊形式,并且是某些特殊神经细胞的突出特征,它在各种神经产物的合成中起着重要作用(图版 32 及 33)。

放大: A × 1,800; B × 43,000

参　考　文　献

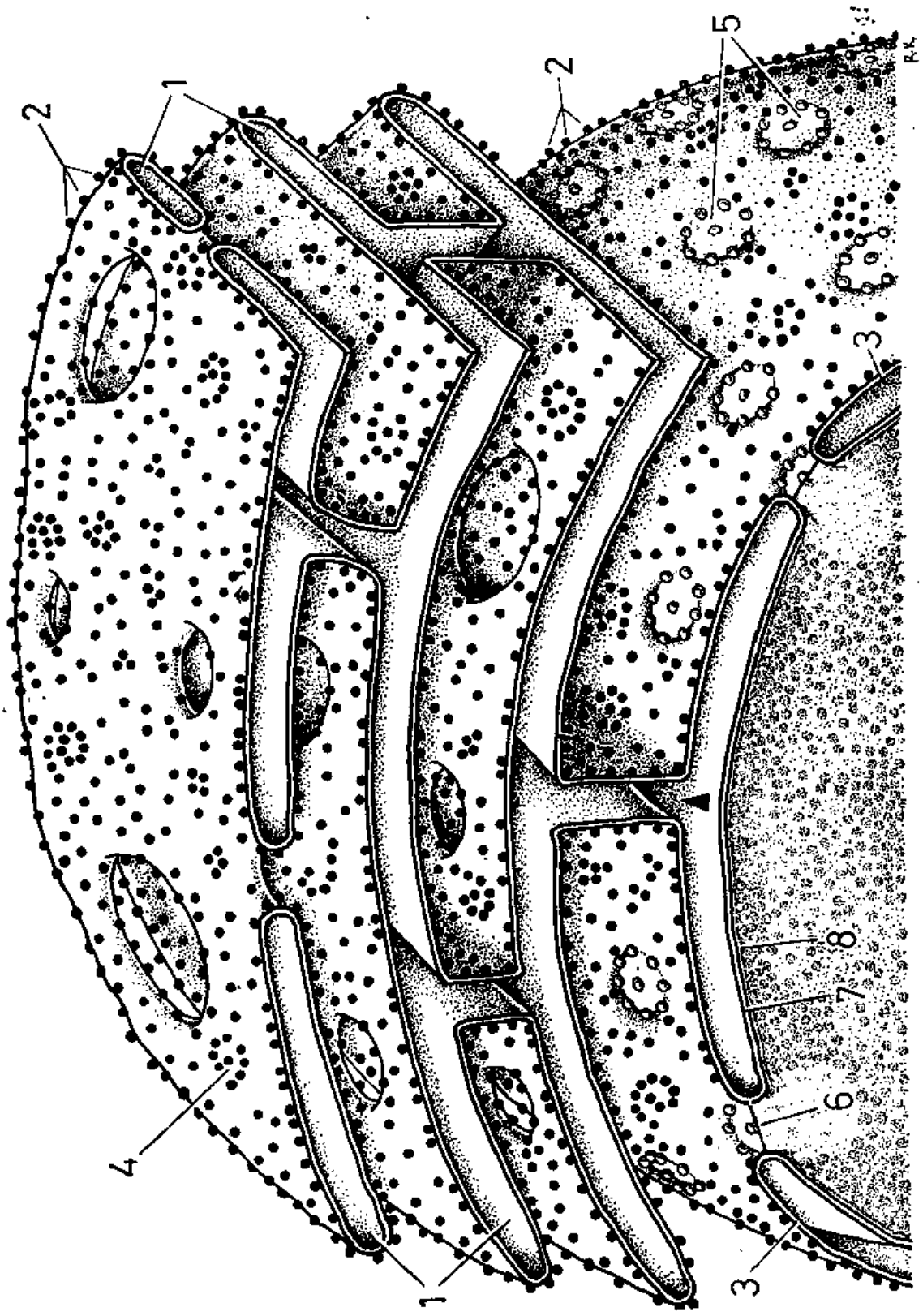
Kanerva, L., Hervonen, A.: New type of endoplasmic reticulum in neurons of the paracervical ganglion of the rat. *Z. Zellforsch.* 143, 505—515 (1973)


4
1
2
B
1
A
R.K.
3
1

图版 45　动质。立体图象

动质的有孔池(1)互相以平行板的方式排列，并与核周间隙(箭头)相连续。位于核膜外层(3)和动质池上的核蛋白体(2)常常是螺旋状的群体，为多核蛋白体(4)。在横断面上显示了二个核孔(5)、隔膜(6)和中央的细丝状颗粒。注意核膜(7)和纤维性板(8)。

放大：×130,000


1
2
3
4
5
6
7
8

图版 46　滑面内质网(大鼠肝细胞)

滑面内质网的小管(1)连成一个迷路网,在其面向胞质的表面上缺乏核蛋白体。由于它们起源于粗面内质网的突出物(2),就形成了滑面内质网分枝小管的界线很明确的区。留在缝隙内的是埋在基质中的强嗜锇糖原颗粒。较小的称为 β 颗粒(3),直径为 150—300 Å。较大的一种或 α 颗粒(4)是 β 颗粒的玫瑰花形聚集物。

对肝细胞滑面内质网参与糖原合成的方式还不清楚。细胞内的糖原颗粒是被用作释放能量的燃料。在肝细胞中,滑面内质网比粗面内质网少。

放大: ×52,000

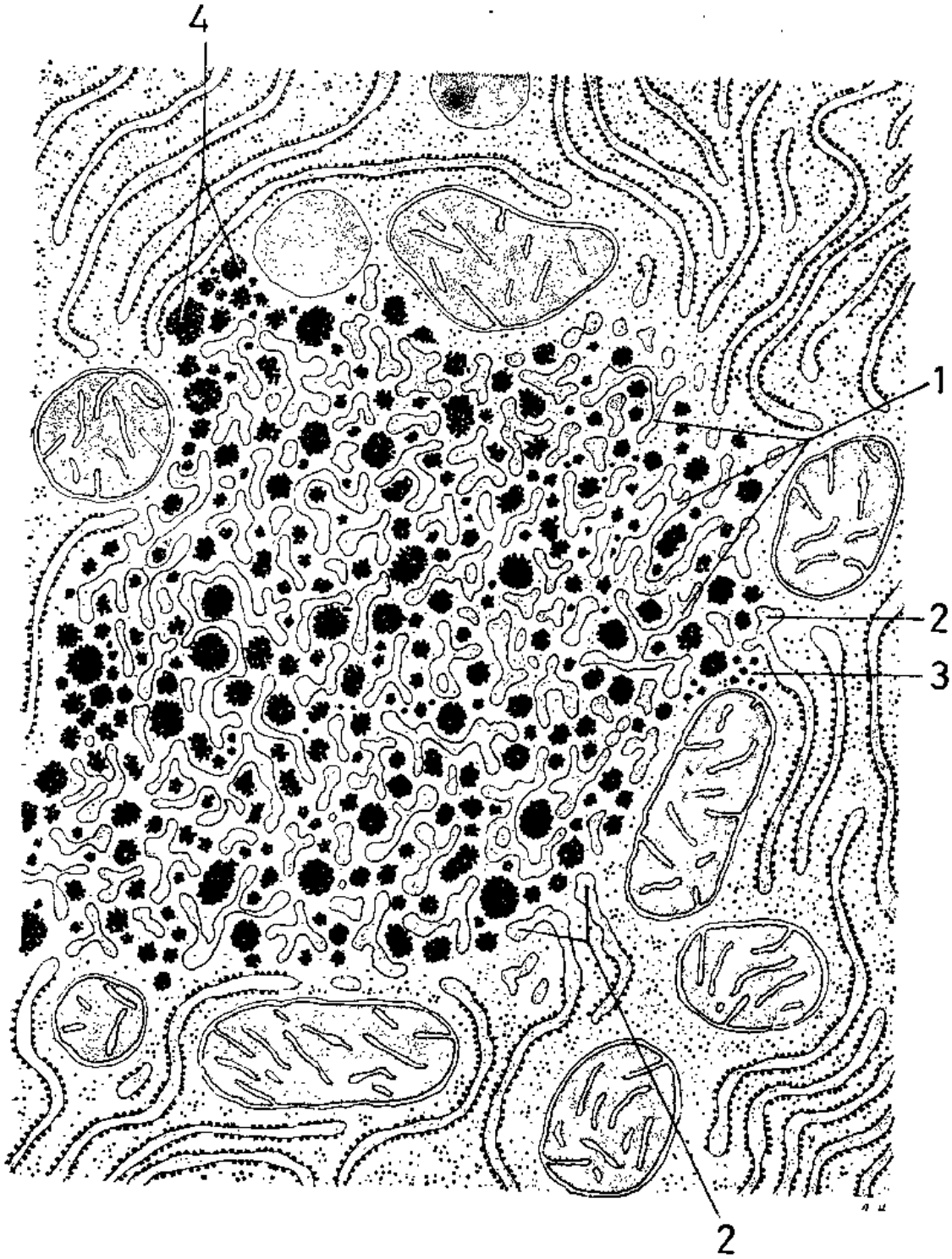
参　考　文　献

De Bruijn, W. C.: Glycogen, its chemistry and morphologic appearance in the electroo microscope. *J. Ultrastruct. Res. 42*, 29—50 (1973)

Cardell, R. R., Jr.: Smooth endoplasmic reticulum in rat hepatocytes during glycogen deposition and depletion. *Int. Rev. Cytol. 48*, 221—279 (1977)

Emans, J. B., Jones. A. L.: Hypertrophy of liver cell smooth surfaced reticulum following progesterone administration. *J. Histochem. Cytochem. 16*, 561—570 (1968)

Jones, A. L., Fawcett, D. W.: Hypertrophy of the agranular endoplasmic reticulum in hamster liver induced by phenobarbital. *J. Histochem. Cytochem. 14*, 215—232 (1966)


4
1
2
3
2

图版 47　滑面内质网。立体图象。（大鼠肝细胞）

粗面内质网池(1)同一些分枝的指状突起相连，这些突起构成滑面内质网(2)的小管。在迷路的缝隙中存在着糖原颗粒（3)。注意在池间有三个被切的线粒体(4)和一个溶酶体(5)。

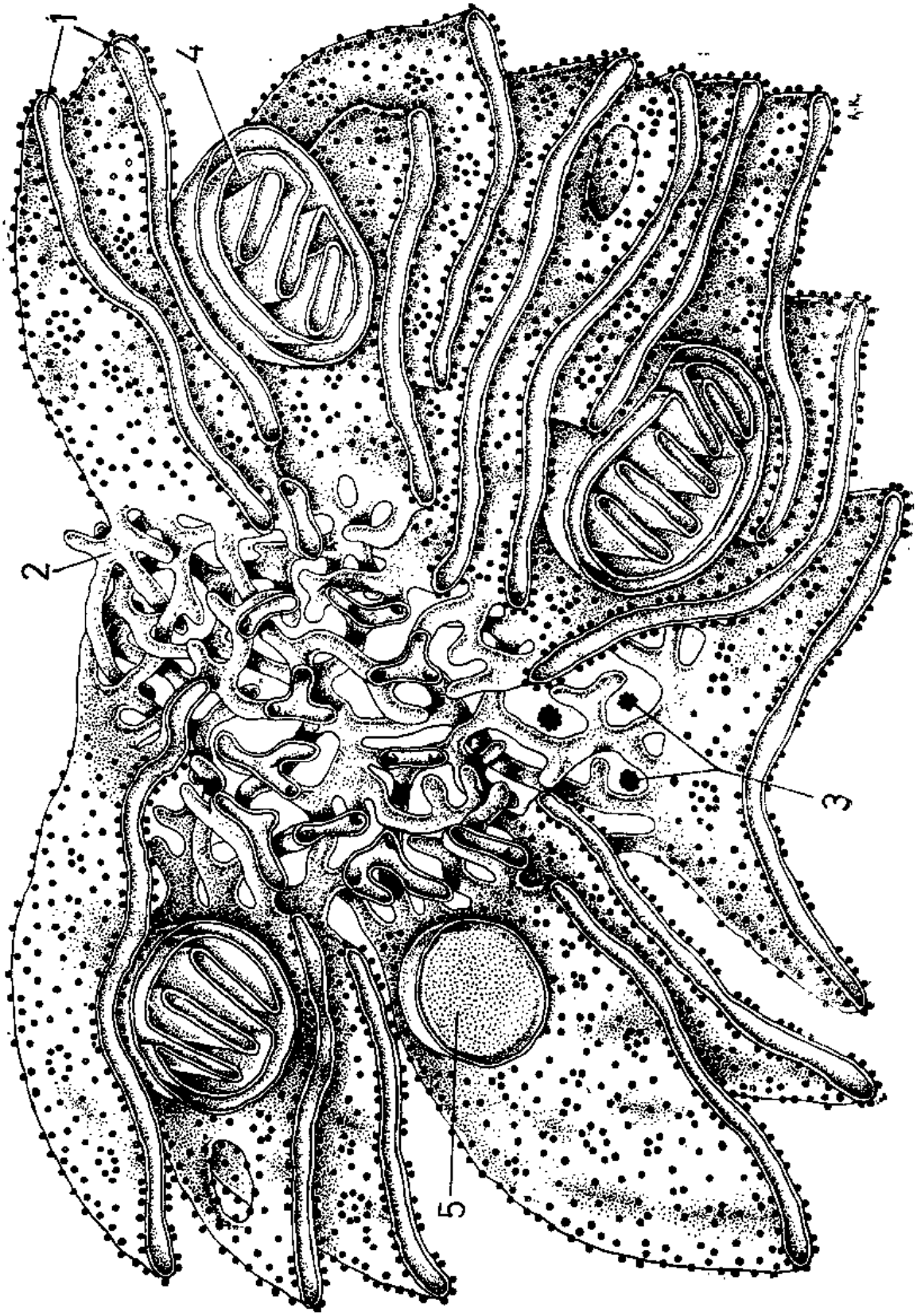
放大：×90,000

参　考　文　献

De Bruijn, W. C., Den Breejen, P.: Glycogen, its chemistry and morphological appearance in the electron microscope. 3. Identification of the tissue ligands involved in the glycogen contrast staining reaction with the osmium(VI)-iron(II) complex. *Histochem. J. 8*, 121—142 (1976)

Higgins, J. A., Barrnet. R. J.: Studies on the biogenesis of smooth endoplasmic reticulum membranes in livers of phenobarbital-treated rats. I. The site of activity of acyltransferases involved in synthesis of the membrane phospholipid. *J. Cell Biol. 55*, 282—298 (1972)

Takeuchi, T.: Ultrafine structure of glycogen particles synthesized under histochemical conditions. *J. Histochem. Cytochem. 22*, 378—380 (1974)


1
4
2
3
5

图版 48　滑面内质网(人的 Leydig 间质细胞)

在分泌固醇类激素的细胞中,滑面内质网占多数,并且形成一个复杂的类似于肝细胞的小管迷路(1),而粗面内质网的池(2)则很少。大量的核蛋白体(3)和多聚核蛋白体(4)散布在滑面内质网小管间的基质中。注意具小管的线粒体(5),以及一个次级溶酶体(6)和两个过氧化物酶体(7)。

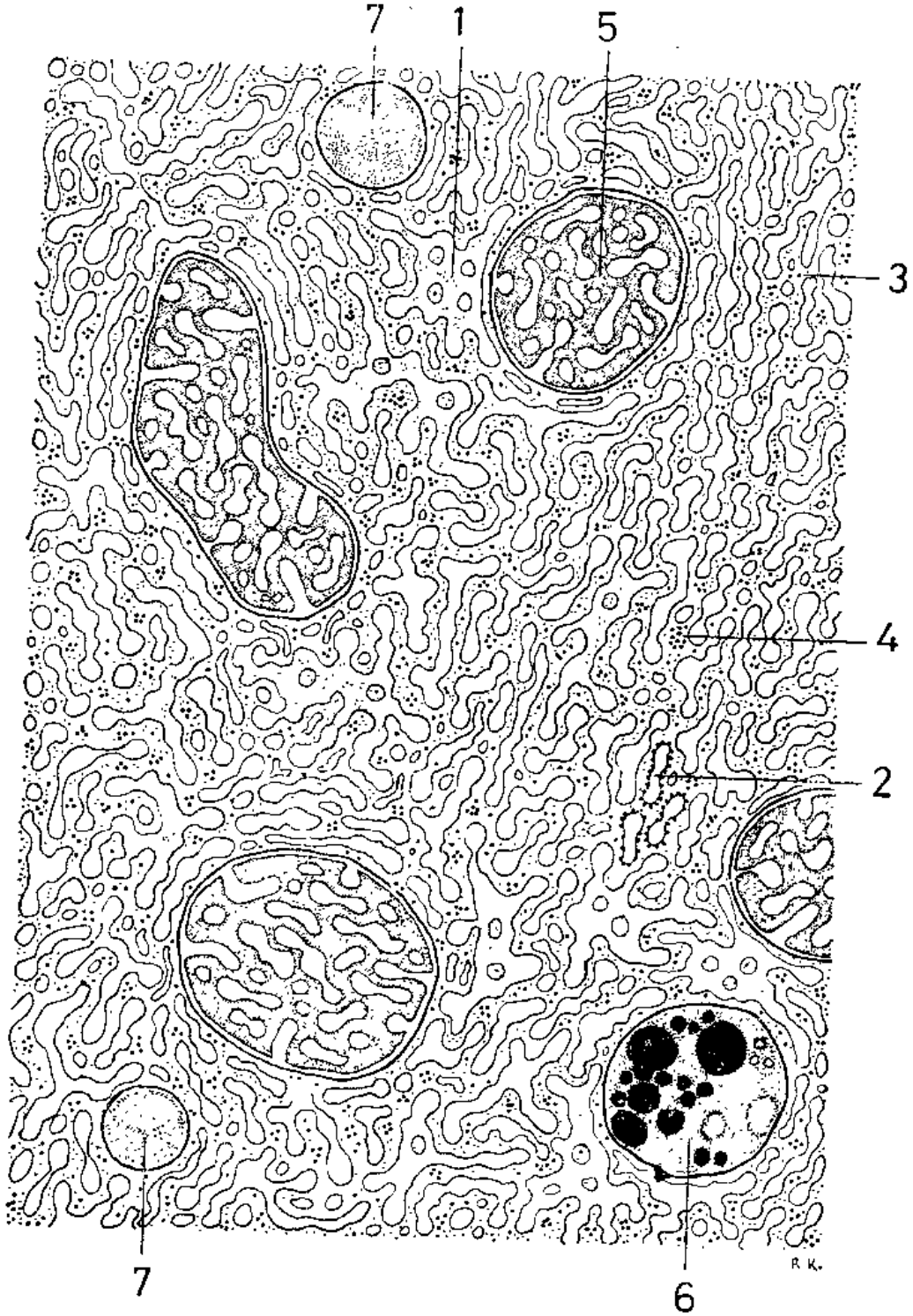
放大: ×47,000

参　考　文　献

Christensen, A. K.: Fine structure of testicular interstitial cells in the guinea pig. *J. Cell Biol. 26*, 911—935 (1965)

Crabo, B.: Fine structure of the interstitial cells of the rabbit testes. *Z. Zellforsch. 61*, 587—604 (1963)

De Kretser, D. M.: The fine structure of the testicular interstitial cells in men of normal androgenic status. *Z. Zellforsch. 80*, 594—609 (1967)


7
1
5
3
4
2
7
6
R K.

图版 49　滑面内质网。立体图象。（人的 Leydig 间质细胞）

为了更好地说明由滑面内质网的小管(2)形成的迷路复合体，本图版中质膜（1）被卷向两边。在细胞里，被滑面内质网包围的是具小管的线粒体(3)、高尔基器（4）、一个芮克氏结晶（Reinke crystal）（5）和一个溶酶体（6）。在左右两面，可见平行排列的粗面内质网池(7)。

滑面内质网对固定剂是高度敏感的。用浸泡来简单固定，结果滑面内质网小管碎裂成小泡。

放大：×45,000

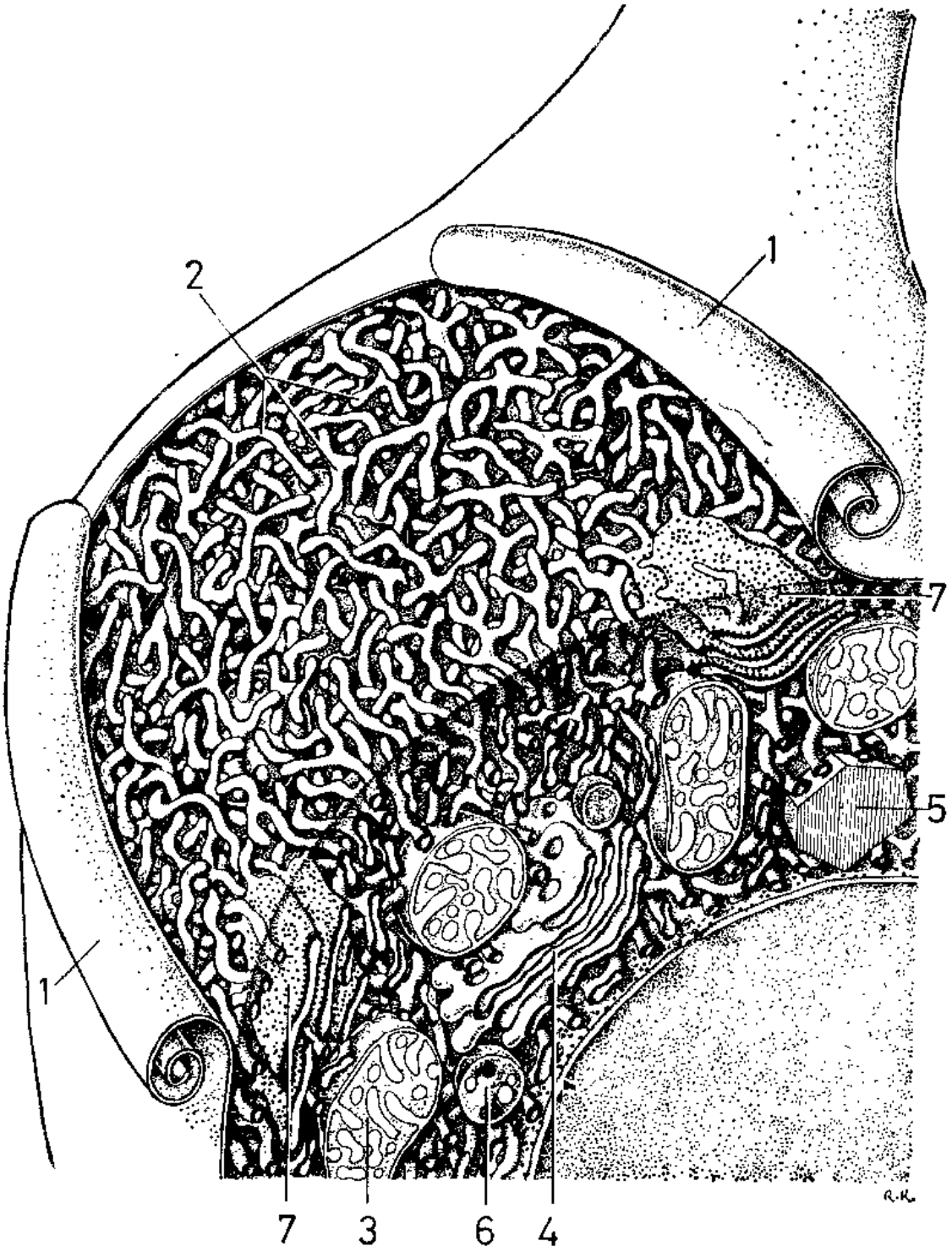
参　考　文　献

Biersing, L.: On the ultrastructure of granulosa lutein cells in porcine corpus luteum with special reference to endoplasmic reticulum and steroid hormone synthesis. *Z. Zellforsch. 82*, 187—211 (1967)

Blanchette, J.: Ovarian steroid cells. II. The lutein cell. *J. Cell Biol. 31*, 517—542 (1966)

Christensen, A. K.:The fine structure of testicular interstitial cells in mice. *Am. J. Anat. 118*, 551—572 (1966)

Nussdorfer, G. G., Mazzocchi, G.: Interrelazioni tra i vari tipi di cellule presenti nelle zone fascicolata e reticolare della cortico-surrene di ratto normale e in gravidanza. *Arch. Ital. Anat. Embriol. 74*, 15—28 (1969)


1
2
7
5
1
7
3
6
4
R.R.

图版 50　肌质网(大鼠的横纹肌纤维)

肌纤维的滑面内质网或肌质网在形态方面是非常特殊的。它一节一节地包绕着每条肌原纤维(1),在A带和I带水平处,小管(2)定向地沿着肌原纤维的纵轴走行,并构成所称的L系统。在靠近A带和I带的分界部位,每个节段的所有小管连接起来形成终池(3),其走向垂直于肌原纤维。然而相邻的终池不相连,而是被插入的质膜管状内褶分开。这些所谓的T小管,仅在同一节段水平彼此吻合组成T系统。右方,包绕肌原纤维的肌质网,同样还有T小管,都被纵切以显示其内部,而中部肌原纤维的L系统、终池和插入T小管则在横断面上显示出来。两个相邻的终池和插入的T小管称为三联体(4)。

在肌纤维的较低部分可见横向吻合的T小管(5)直接与细胞间隙相通。它们在肌纤维表面的开口呈现有规则的间隔(箭头)。肌纤维围有质膜(6)、基板(7)和网状及胶原原纤维(8)。肌质网在肌功能中起着重要的作用。钙离子在肌肉收缩过程中离开肌质网,松弛时又回到肌质网。

放大: ×14,000

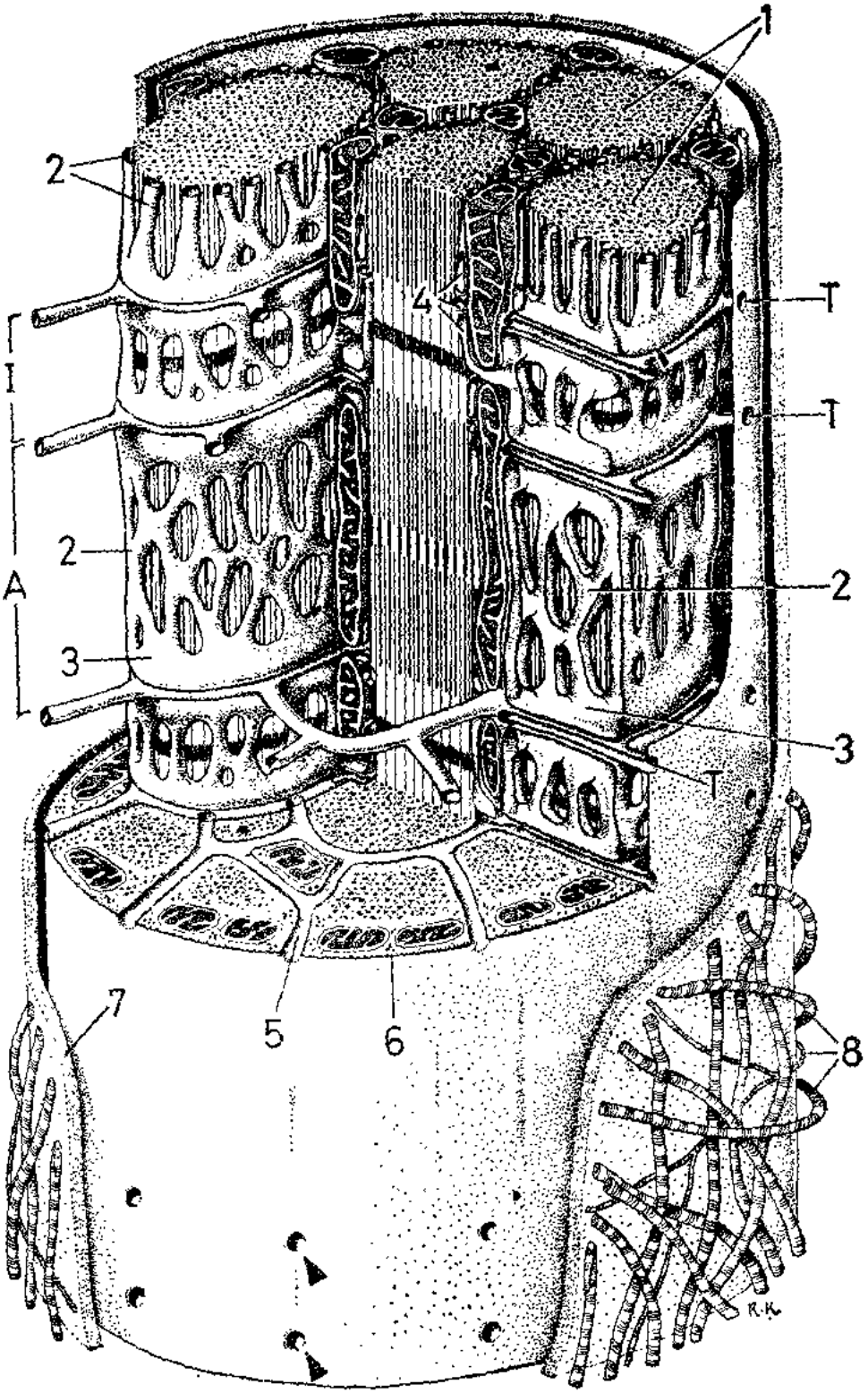
参　考　文　献

Edge, M.: Development of apposed sarcoplasmic reticulum at the T system and sarcolemma and the change in orientation of triads in rat skeletal muscle. *Dev. Biol. 23*, 634—650 (1971)

Forssmann, W. G., Girardier, L.: Untersuchungen zur Ultrastruktur des Rattenherzmuskels mit besonderer Berücksichtigung des sarcoplasmatischen Retikulums. *Z. Zellforsch. 72*, 249—275 (1966)

Huxley, H. E.: Evidence for continuity between central elements of the triads and extracellular space in frog sartorius muscle. *Nature 202*, 1067—1071 (1964)

Walker, S. M., Schrodt, G. R., Currier, G. J., Turner, E. V.: Relationship of the sarcoplasmic reticulum to fibril and triadic junction development in skeletal muscle fibers of fetal monkeys and humans. *J. Morphol. 146*, 97—128 (1975)


1
2
4
T
I
T
2
A
2
3
3
T
7
5
6
8
R.K.

图版 51　滑面内质网。环层板。(大鼠卵母细胞)

A. 滑面内质网的另一种特殊形式是环层板。在光镜下观察,方框区内的结构位于卵母细胞内。

B. 大量的孔复合体(1)呈同心层排列,其中一些是切线切面(2),它们与核膜的孔复合体都相同。注意小量的嗜锇物质(箭头)附着于复合体。据认为环层板是由核膜(3)形成的,但对它们的功能尚不了解。

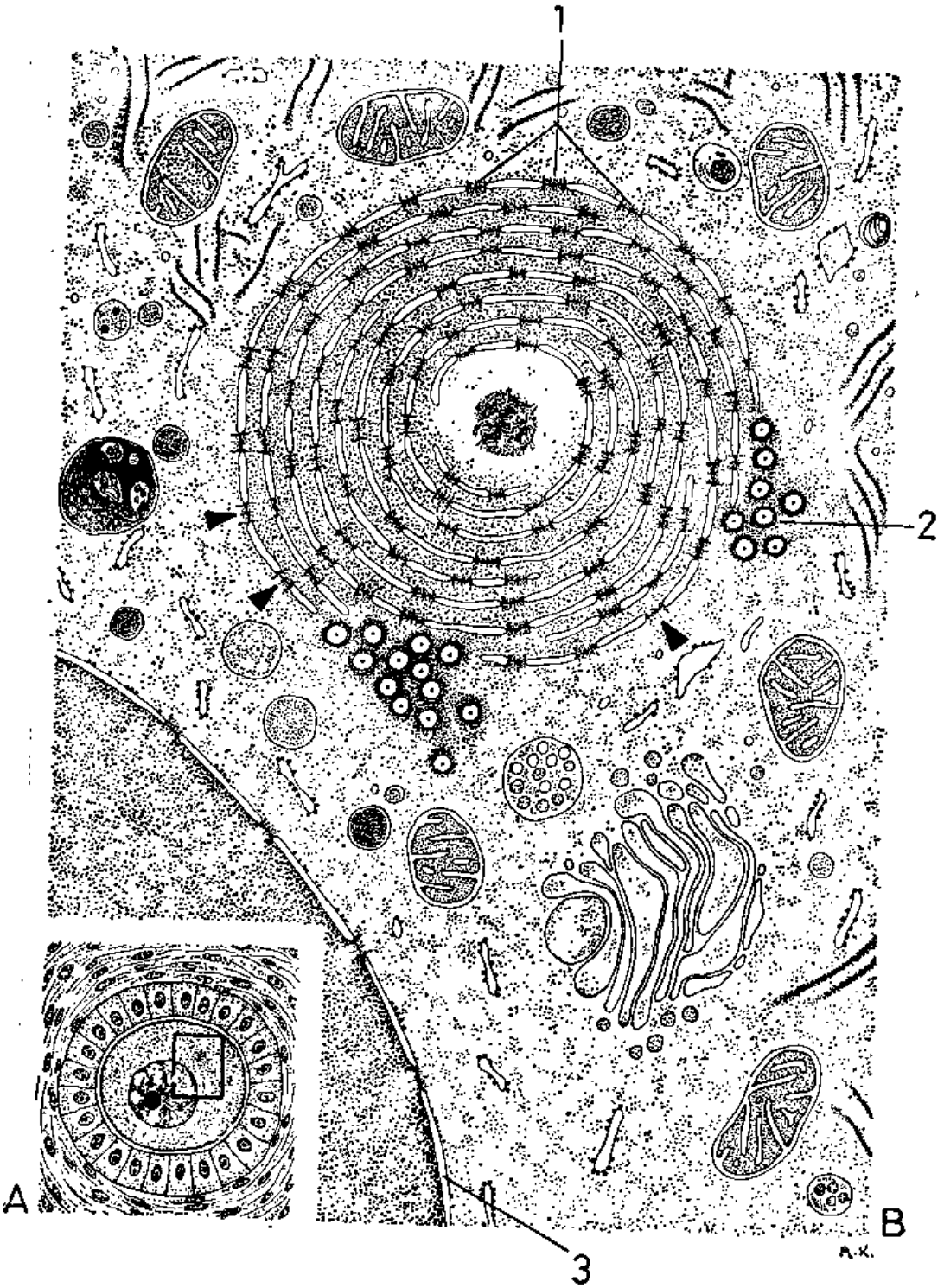
放大:　A × 350; B × 25,000

参　考　文　献

Kessel, R. G.: Annulate lamellae. *J. Ultrastruct. Res.* [Suppl.] *10*, 1—82 (1968)

Kumegawa, M., Cattoni. M., Rose, G. G.: Electron microscopy of oral cells in vitro. I. Annulate lamellae observed in strain KB cells. *J. Cell Biol. 34*, 897—901 (1967)

Sun, C. N., Chew, E. C., White, H. J.: Cytoplasmic annulate lamellae and intranuclear membranes in human spermatids and sperm. *Cell Biol. Int. Rep. 1*, 345—351 (1977)


1
2
3
A
B
A.K.

图版 52　滑面内质网。环层板。(大鼠卵母细胞)

环层板还可以成堆的扁平板的形式出现，已描述过小量的嗜锇物质围绕着孔复合体(1)(图版 51)。环层板同粗面内质网(2)是相连续的，粗面内质网的核蛋白体在第一个孔复合体附近消失。这一事实有力地支持了环层板是滑面内质网(图版 46、47)的一种特殊形式的假设。

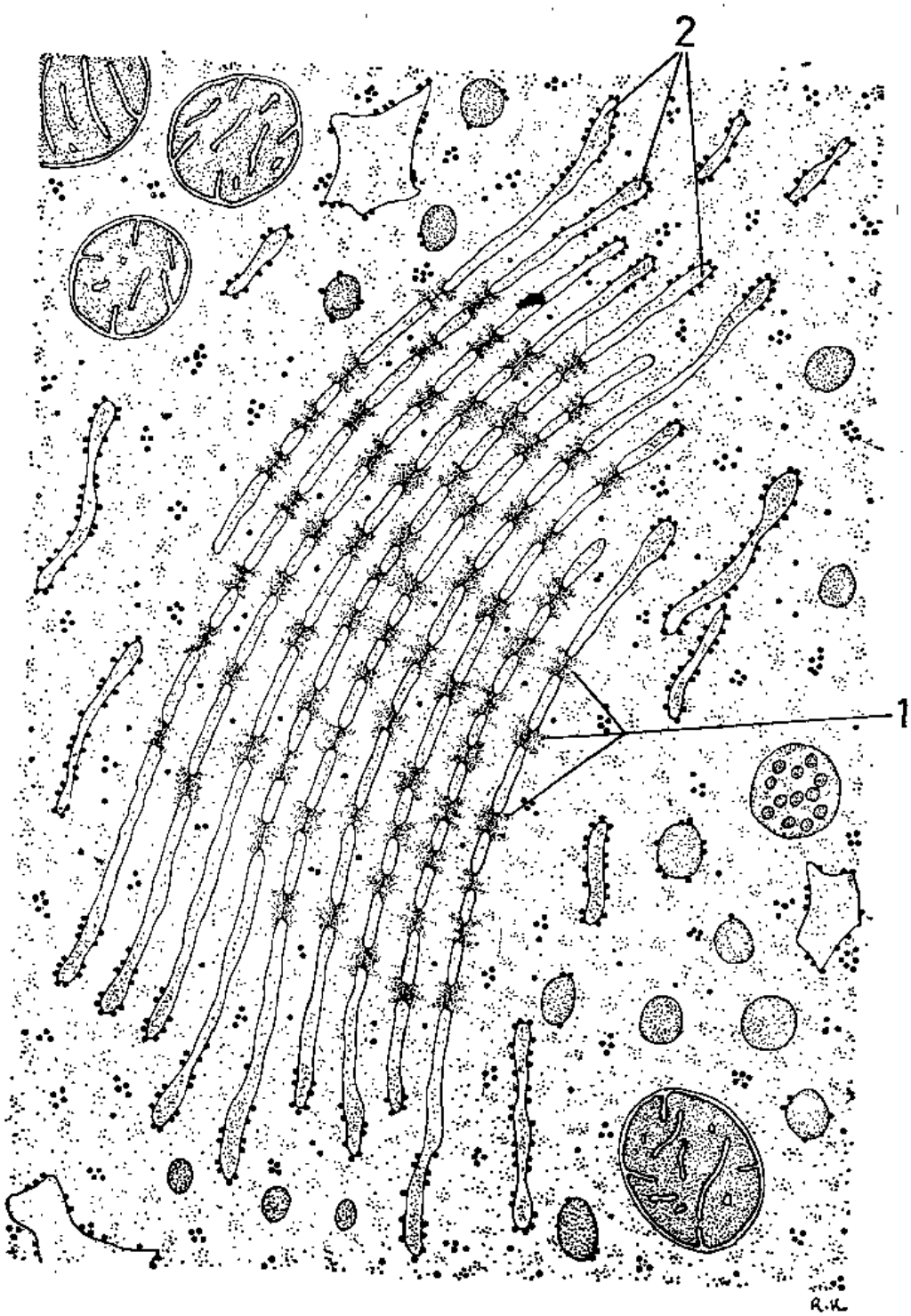
放大：×48,000

参　考　文　献

Gulyas, B. J.: The dependence of annulate lamellae formation on the nucleus in parthenogenetic rabbit eggs. *Cell Tissue Res. 162*, 475—481 (1975)

Maul, G. G., Cross, P. C.: Thymidine incorporation by annulate lamellae of rabbit zygotes. *J. Ultrastruct. Res. 47*, 115—124 (1974)

Wischnitzer, S.: The annulate lamellae. *Int. Rev. Cytol. 27*, 65—100 (1970)


2
1
R.K.

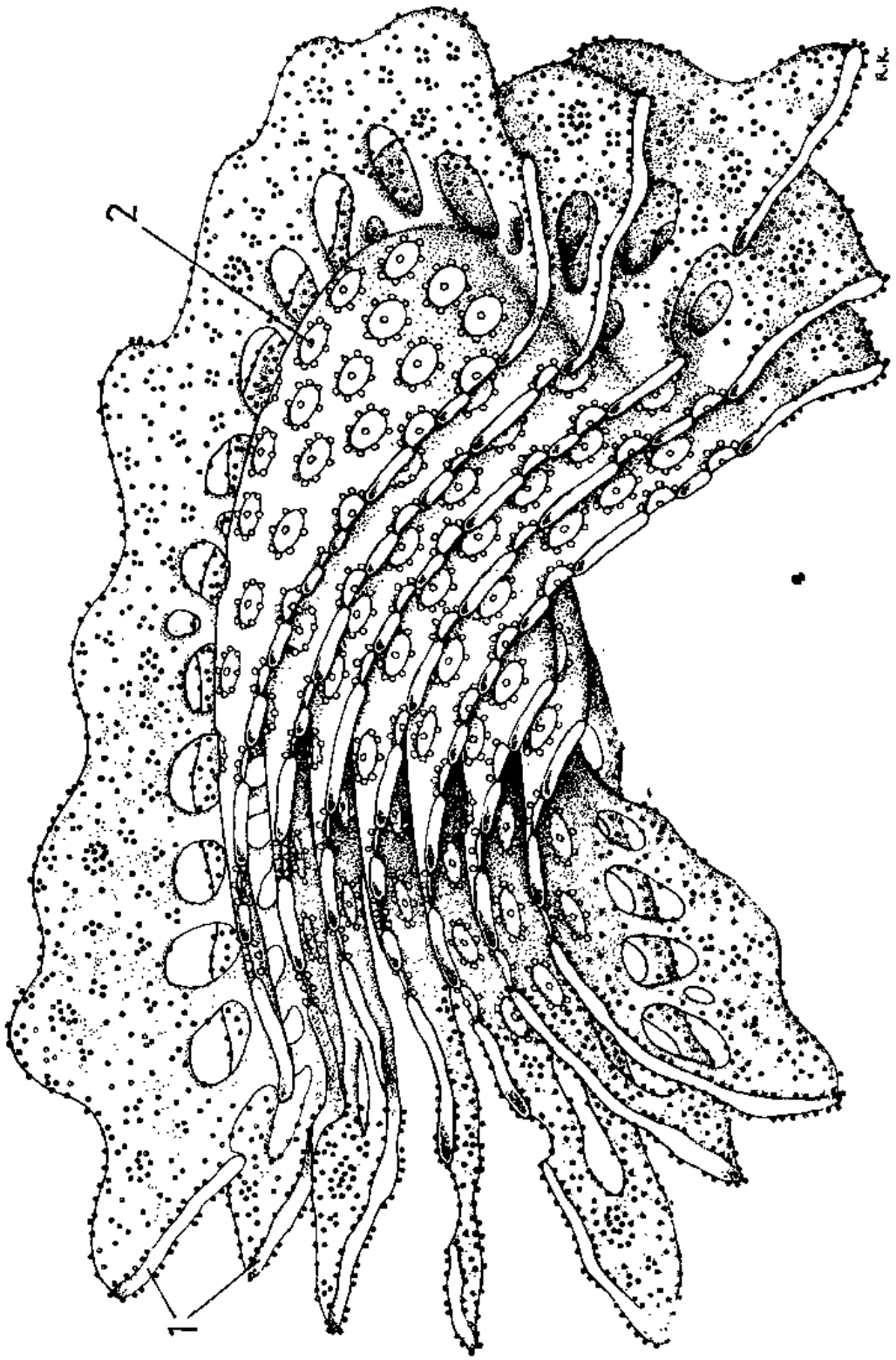
图版 53　滑面内质网。图版 52 环层板复合体的立体图象

粗面内质网(1)的板，在以对称的八面体出现的孔复合体 (2) 附近失去了附着的核蛋白体。环层板并不少见，除卵母细胞外，在许多细胞中都已经观察到。所有环层板的膜都是单位膜。

放大：×48,000

参　考　文　献

Maul, G. G.: Ultrastructure of pore complexes of annulate lamellae. *J. Cell Biol.* 46, 604—610 (1970)
Maul, G. G.: On the relationship between the Golgi apparatus and annulate lamellae. *J. Ultrastruct. Res.* 30, 368—384 (1970)


2
1

图版 54　中心粒(大鼠神经垂体的垂体细胞)

中心粒,由于成对或称之为双体,呈现非常特殊的结构。它的位置既可以靠近核,亦可以(象本图版所显示的一样)在高尔基器(1)的凹侧。直接围绕它的细胞质叫做中心体或中心球(2)。

一个中心粒是由 9 组 3 个微管或三联体(3)组成的,长 0.5 微米,这些微管集合在一起就形成一个直径约 0.25 微米的圆柱体 (4)。

两个中心粒彼此垂直成 L 形,每个中心粒都被簇状物质的环包围着,这些物质称为卫星(5)。偶尔在适当的切片上显示卫星呈球形的团块,由一个柄附着到中心粒上。

中心粒含有染色体外 DNA,使它能在细胞分裂过程中复制。于是它们同线粒体一起,被看作是半自主细胞器。在细胞分裂过程中,中心粒决定有丝分裂纺锤体微管的形成和随后的缩短的位置 (图版 141—143)。在动纤毛基体 (图版 170 和 171) 和精子尾部轴丝(图版 174)的形成中,它们起着特殊重要的作用。

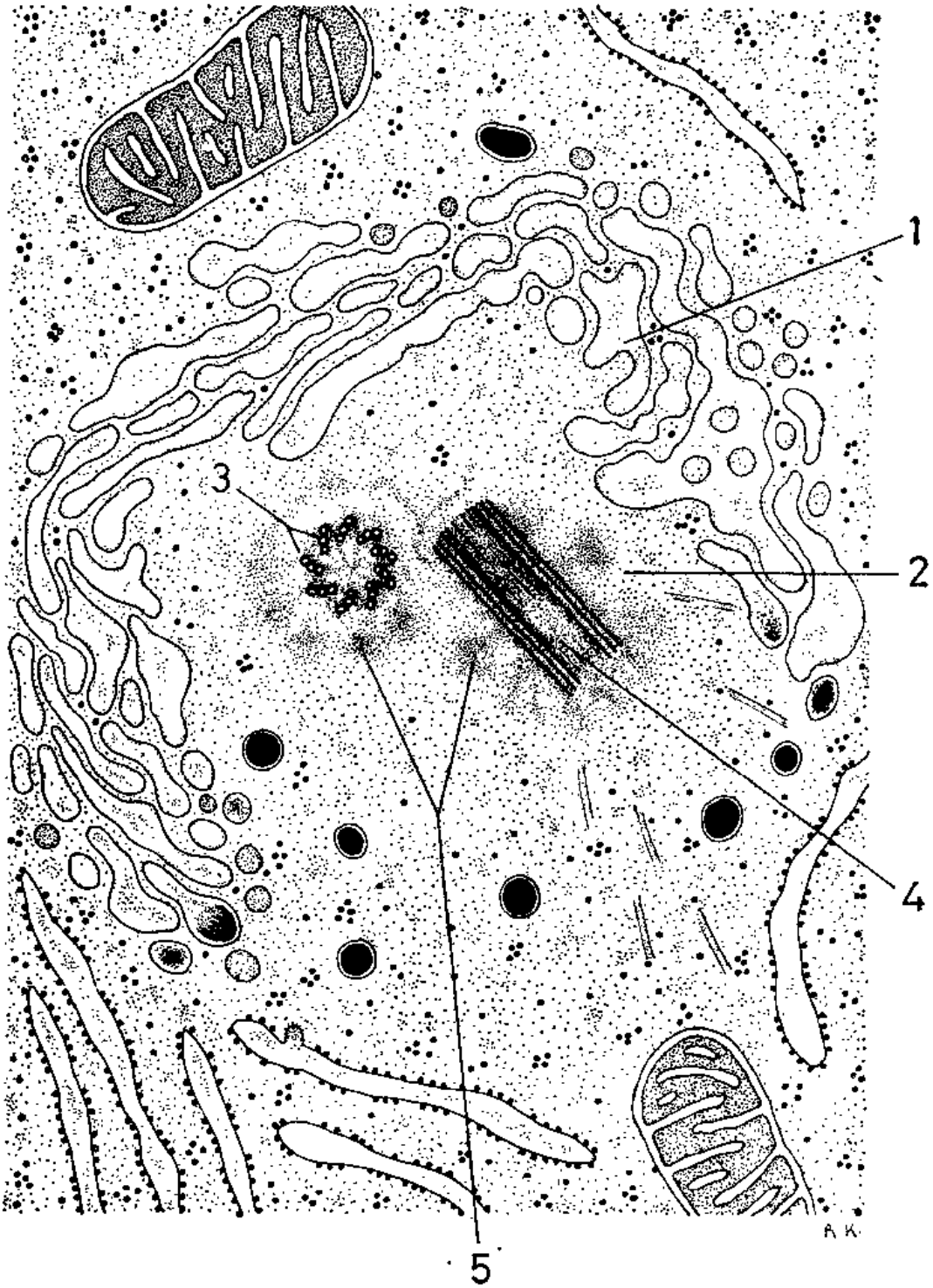
放大: ×56,000

参　考　文　献

Anderson, R. G. W., Brenner, R. M.: The formation of basal bodies (centrioles) in the rhesus monkey oviduct. *J. Cell Biol. 50*. 10—34 (1971)

Dirksen, E. R.: Centriole morphogenesis in developing ciliated epithelium of the mouse oviduct. *J. Cell. Biol. 51*, 286—302 (1971)

Woolley, D. M., Fawcett, D. W.: The degeneration and disappearance of the centrioles during the development of the rat spermatozoon. *Anat. Rec. 177*, 289—302 (1973)


1
2
3
4
5
A K

图版 55　中心粒。立体图象

中心粒的壁由 9 组微管三联体 (1) 组成。横断面上显示相邻三联体构成大约 50° 的角。三联体的微管(本图版从里到外标有 A、B、C) 彼此间部分融合，以致仅仅 A 是圆的，而外面的两个 (B 和 C) 在侧面看则是半月形的。每一条微管的直径规则地是 200 Å。每个里面的微管 (A) 伸出两个电子密度界线模糊的臂，一个 (2) 连接到邻近三联体的微管 C 上，另一个(3)连接着中心粒圆柱体的星状中心(4)。

在每个三联体的外表面上存在着一个或两个球状的嗜锇物质，其中两个被纵切。前面已经提及，它们是卫星(5)，其意义还不清楚。

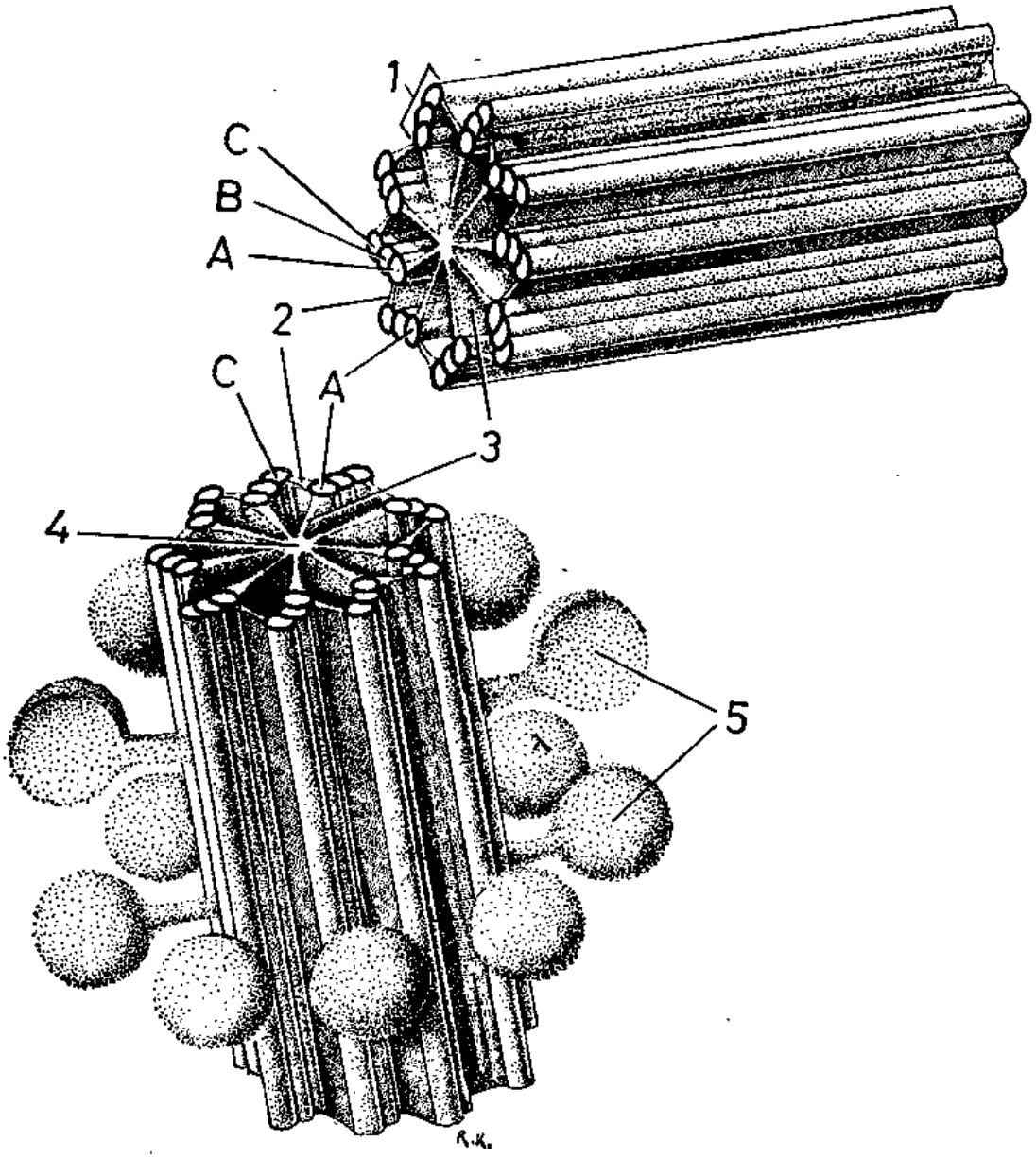
放大：×150,000

参　考　文　献

Dirksen, E. R., Crocker, T. T.: Centriole replication in differentiating ciliated cells of mammalian respiratory epithelium. An electron microscopic study. *J. Microsc. 5*, 629—644 (1966)

Hubert, J.-P., Flament-Durand, J., Dustin, P.: Centrioles and cilia multiplication in the pituitary of the rat after furosemide and colchicine treatment. *Cell Tissue Res. 149*, 349–361 (1974)

Szollosi, D.: Centrioles, centriolar satellites and spindle fibers. *Anat. Rec. 148*, 343 (1964)


1
C
B
A
2
C
A
3
4
5

图版 56　溶酶体和过氧化物酶体(大鼠肝细胞)

溶酶体是细胞内消化过程所需的细胞器，可是对过氧化物酶体的功能还只是部分地了解。

A. 溶酶体和过氧化物酶体广泛地出现于各种细胞中。例如在肝细胞，两者可同时出现。

胆小管(1)附近有几个内容物不同的球形结构，同线粒体(2)、高尔基器(3)、滑面(4)和粗面内质网(5)在一起。

初级溶酶体(6)直径达 1 微米，充满着均质的中等嗜锇的细颗粒。它们都位于高尔基器(图版 33)附近。而次级溶酶体(7)由于其不均质性和强嗜锇内容物可被区分。

B. 象所有的溶酶体一样，人的 Leydig 间质细胞的三个初级溶酶体都由单位膜包裹。为了简便起见，滑面内质网的单位膜用单线表示。生物化学分析证实溶酶体含有 30 多种处于潜伏状态的酶，其中包括酸性水解酶。溶酶体膜的通透性增加或遭破坏的结果是使这些酶激活，导致细胞严重受损甚至死亡。激素皮质醇是最熟知的溶酶体膜的稳固剂之一。

C. 过氧化物酶体或微体 (A 8) 是直径达 0.5 微米的颗粒，亦被单位膜包裹着。它们的细颗粒和中等嗜锇的内容物常常与小的初级溶酶体在形态学方面不易区别。然而，一些过氧化物酶体含有凝聚块或甚至含有小的结晶 (C，箭头)，这一点可能有助于识别它们。

放大：A × 34,000；B × 60,000；C × 64,000

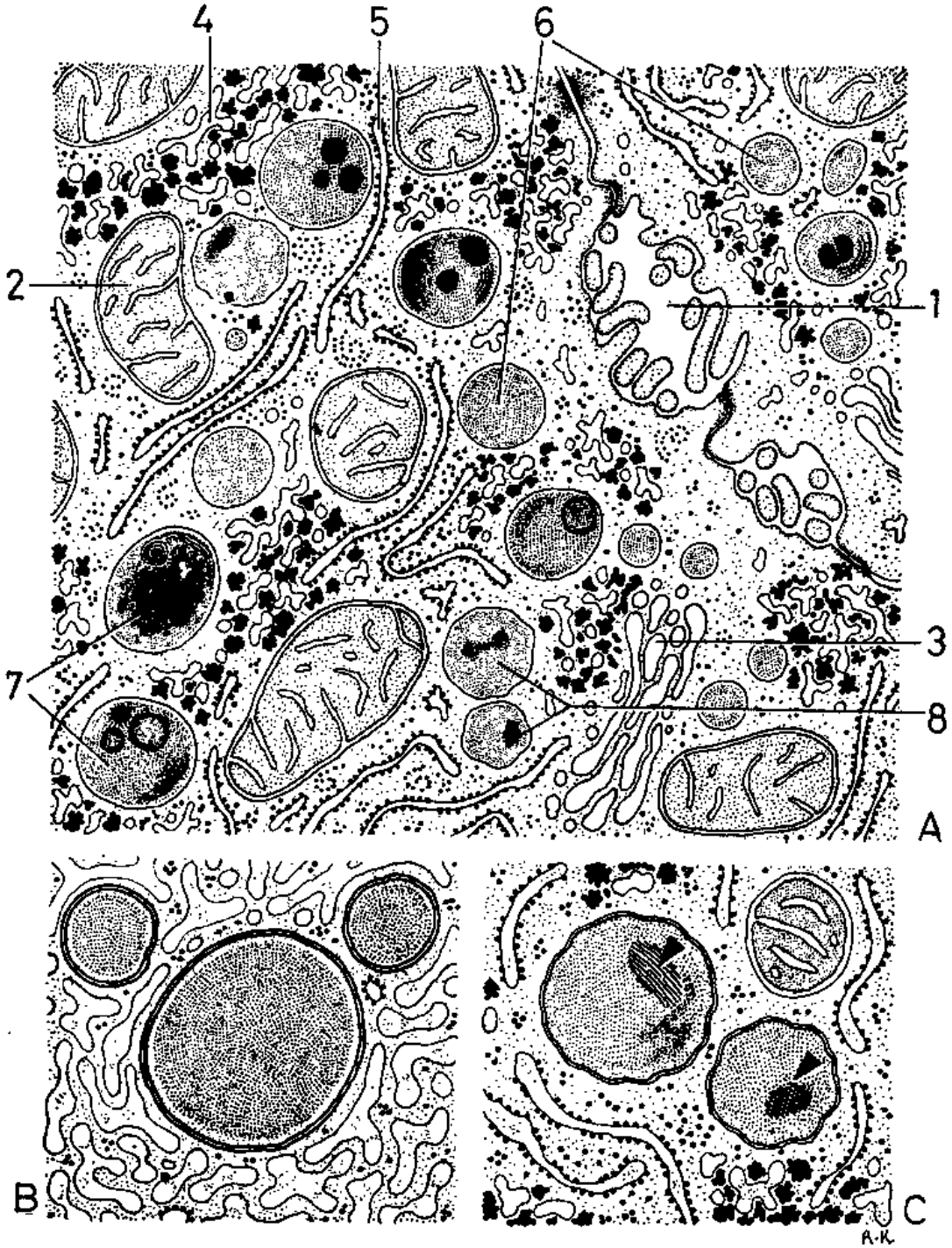
参　考　文　献

Gahan, P. B.: Histochemistry of lysosomes. *Int. Rev. Cytol. 21*, 1—63 (1967)

Holtzmann, E.: Lysosomes. A survey. Wien, New York: Springer 1975

Hruban, Z., Vigil, E. L., Slesers. A., Hopkins, E.: Microbodies. Constituent organelles of animal cells. *Lab. Invest. 27*, 184—191 (1972)

Lloyd, J. B., Beck, F.: Lysosomes. In: The cell in medical science. Beck, F., Lloyd. J. B. (eds.), Vol. I., pp. 273—313. London, New York: Academic Press 1974


4
5
6
2
1
3
7
8
A
B
C
A.K.

图版 57　溶酶体和过氧化物酶体(大鼠的各种细胞)

A 和 B. 这里显示的溶酶体是来自肾单位近曲小管的一个细胞（A）和一个肝细胞(B)。两种细胞的溶酶体在细胞内消化过程中都是有活力的。溶酶体有消化它们自身细胞内容物(自体溶酶体,图版 166 和 167)以及吞噬物质(吞噬溶酶体,图版 168 和 169)的能力。由于溶酶体明显缺乏脂酶,所以就留下圆的强嗜锇的脂类体(箭头),它们是没有完全消化的残留物。

C. 由于超微细胞化学反应后出现了致密(黑色)沉淀物而显示了次级溶酶体（A 图的同一细胞内)中酸性磷酸酶的活性。

D 和 E. 成熟的过氧化物酶体可以含有致密物(象图版 56 所描述)或核样体，此外还经常有尿酸氧化酶的结晶（D 1；和 B 为同一标本)。晶体是由直径为 50—100 Å 的小管组成，直径的大小取决于动物的种类。晶体以纵切面（D 1）和横切面（E 1；和 A 为同一细胞)显示,但是新形成的过氧化物酶体中缺如。

F. 过氧化物酶体被认为是通过膜被物质与粗面内质网（F 1；和 A 是同一标本）分离而发生的。它们从不被排出细胞。

除了上面叙述过的尿酸氧化酶外,过氧化物酶体还含有过氧化物酶、过氧化氢酶、D-氨基酸氧化酶和 α-羟基酸氧化酶。由于这些酶的帮助，过氧化物酶体就能把氧化氢还原成水,这表明它们对中间代谢产物有解毒作用。

放大：A × 42,000；　B × 35,000；
C × 42,000；　D × 62,000；
E × 45,000；　F × 48,000

参　考　文　献

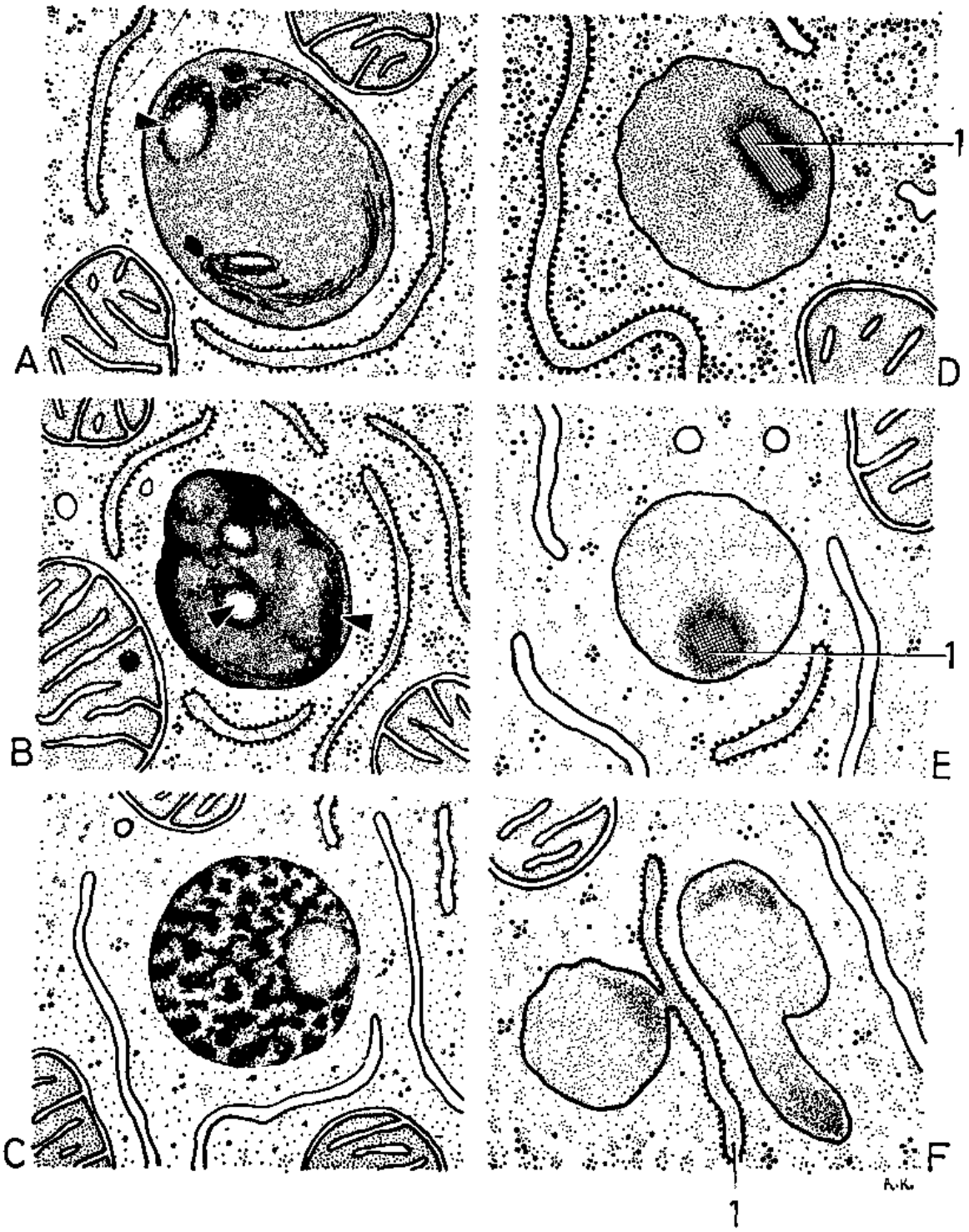
Essner, E.: Endoplasmic reticulum and the origin of microbodies in the fetal mouse liver. *Lab. Invest. 17*, 71—87 (1967)

Fahimi, H. D.:Cytochemical localization of peroxidatic activity of catalase in rat hepatic microbodies (peroxisomes). *J. Cell Biol. 43*, 275—288 (1969)

Hand, A. R.: Morphologic and cytochemical identification of peroxisomes in the rat parotid and other exocrine glands. *J. Histochem. Cytochem. 21*, 131—141 (1973)

Hruban, Z., Rechcigl, M., Jr.: Microbodies and related particles. *Int. Rev. Cytol.* [Suppl. 1], 1—296 (1969)

Tsukada, H., Koyama, S., Gotoh, M., Tadano, H.: Fine structure of crystalloid nucleoids of compact type in hepatocyte microbodies of guinea pigs, cats, and rabbits. *J. Ultrastruct. Res. 36*, 159—175 (1971)


A
B
C
D
E
F
1
1
1

图版 58　溶酶体。溶酶体功能图解

[引自 de Duve, 1974]

如前所示，具有丰富的不同储量的酶的溶酶体代表细胞的消化器官。酶是由粗面内质网(1)和高尔基器(2)共同参与制成的(图版 32 和 33)。后者产生初级溶酶体(3)，其中有一些初级溶酶体可以把它们的酶释放到细胞周围(4)，另一些为细胞内消化过程所需。细胞内消化过程涉及细胞外物质(异体吞噬)和细胞本身组分(自体吞噬)的整合。

随着异物的吞噬作用[如细菌(5)]，异物颗粒被单位膜包裹起来，结果形成吞噬泡、吞噬体或吞噬溶酶体 (5a)，然后同充满了酶的溶酶体(箭头)结合。随着细菌 (5b)的不断破裂，吞噬泡就缩小，这标志着吞噬泡逐渐转变成次级溶酶体 (6)。在次级溶酶体内一直存在着未消化的嗜锇物质残留体。次级溶酶体最终可成为残留体 (7)，并通过胞吐作用 (8)排出细胞。另一方面，一些细胞保留并堆聚称为终末溶酶体 (telolysosome) 的残留体(9)，它们和内源性脂褐素有密切关系。初级溶酶体亦可以参与消化通过微胞饮作用 (10a，箭头)进入的物质，结果形成小的吞噬体 (10a)、次级溶酶体 (6) 和最后为残留体(7,9)。这些过程，除导致残留体贮存的一种情况以外，可能全都是可逆的。

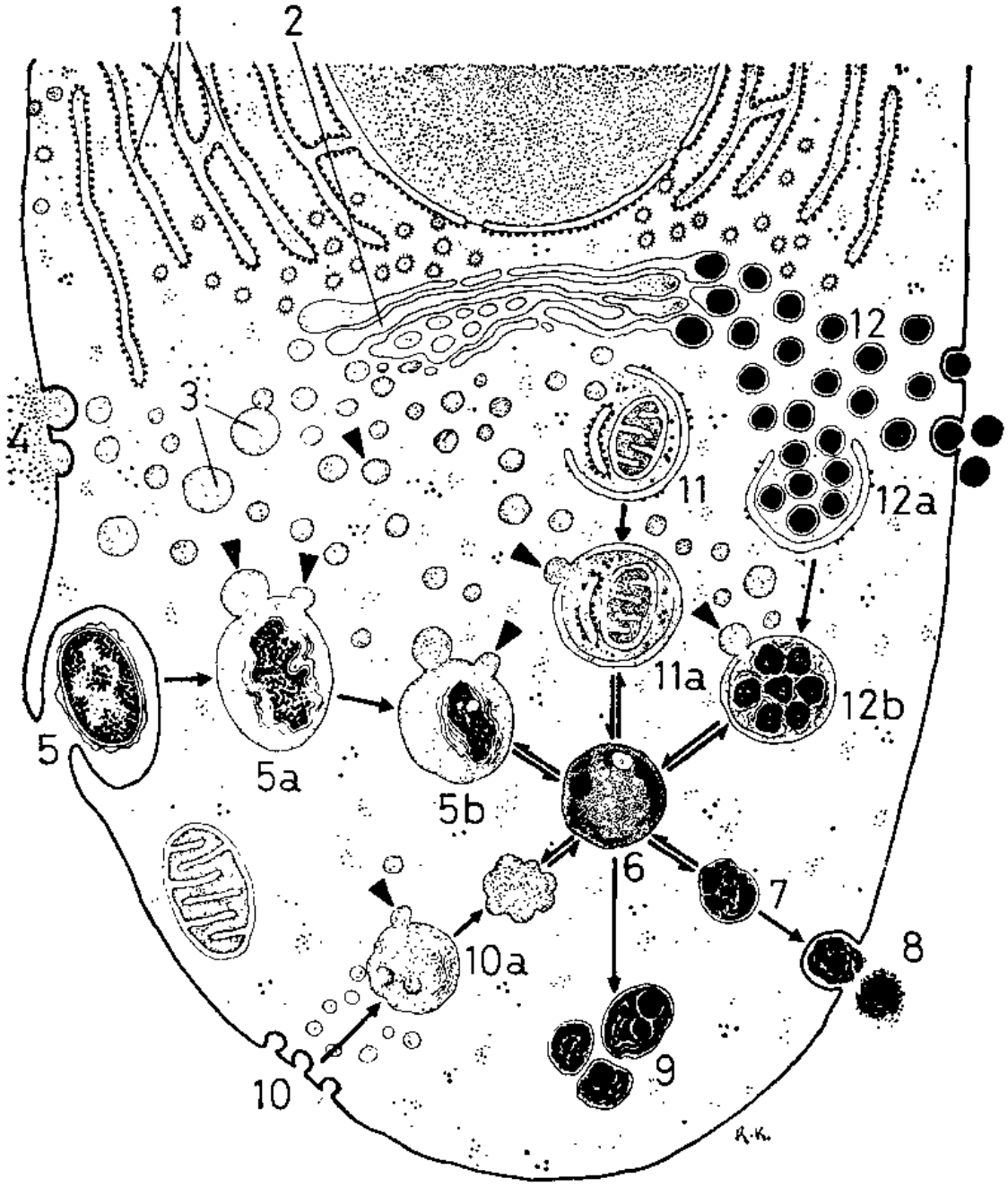
另外，初级溶酶体可以同一部分分离的胞质(11)结合而形成自噬泡，亦可叫做自噬体或自噬溶酶体 (11a)。随着消化过程完成，自噬泡又可变成次级溶酶体。在分泌细胞吞噬作用中(一种自体吞噬作用)，过多的分泌颗粒(12)被溶酶体酶灭活。在这个过程中，新形成的自噬泡 (12a) 成为分泌颗粒降解的场所(12b)，结果再次形成次级溶酶体。

还有另一种形式的自体吞噬叫做微自体吞噬，发生于分子水平，此图中不能显示。然而它的作用与上述的完全相同。

放大：×15,000

参　考　文　献

De Duve, C.: Les lysosomes. *Recherche* 49, 815—826 (1974)
Pitr, D.: Lysosomes and cell function. London, New York: Longman 1975


1
2
12
3
4
11
12a
11a
12b
5
5a
5b
6
7
8
10a
9
10

图版 59　初级溶酶体(大鼠的嗜酸颗粒细胞)

A. 初级溶酶体在嗜酸颗粒细胞和中性颗粒细胞(图版 168)中特别多。

在此图中嗜酸颗粒细胞的核有两个叶，包围着高尔基器，细胞质中散在着直径为 1.5 微米的颗粒，颗粒中含有一个或几个杆状的类晶体 (A 1)。

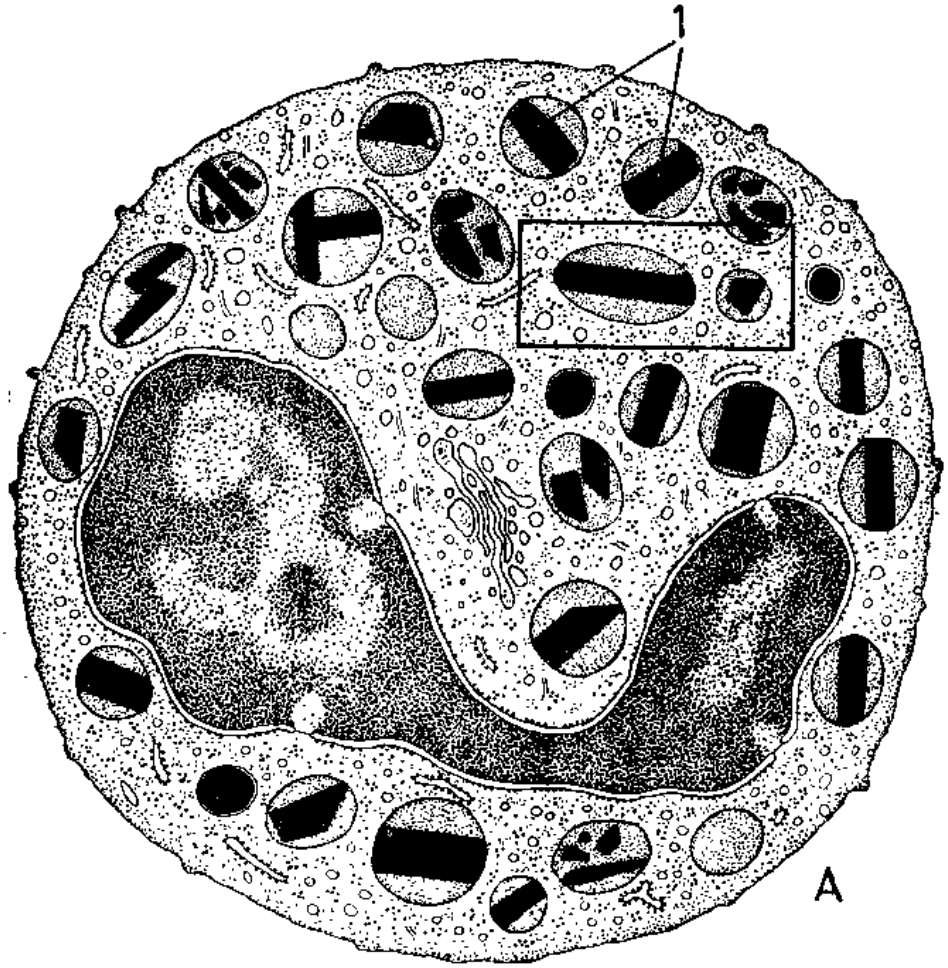
B. A图中长方形细胞质区的高倍放大，揭示具有结晶状内含物 (B 1) 的颗粒被单位膜包裹。晶格周期为有规律的 100 Å，虽然已知晶体里面是过氧化物酶，外面是酸性磷酸酶，然其功能仍不清楚。

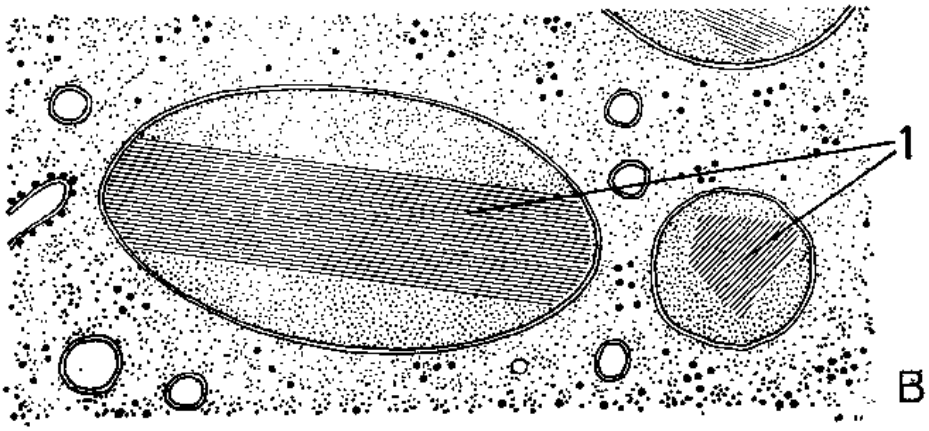
放大：A × 17,000；B × 47,000

参　考　文　献

Faller, A.: Zur Frage von Struktur und Aufbau der eosinophilen Granula. *Z. Zellforsch.* 69, 551—565 (1966)

Miller, F., de Harven, E., Palade, G. E.: The structure of eosinophil leukocyte granules in rodents and in man. *J. Cell Biol.* 31, 349—362 (1966)


1
A


1
B

图版 60　多泡体(大鼠的各种细胞)

多泡体与溶酶体和分泌颗粒密切相关，并存在于许多不同的细胞中。它们是圆形结构，直径达 0.5 微米，含有数量不等的小泡，小泡位于中等密度的嗜锇物质中。

A. 在视上核神经分泌细胞中，可见高尔基器(A 1)释放大约 500 Å 大小的小泡(A2)参加形成多泡体(A 3)。由于这个原因，许多学者认为它们是溶酶体，但不能排除它们可能是细胞分泌产物的贮存部位。

B. 大鼠的甲状旁腺细胞展示充满激素的小泡(B 1)同多泡体(B 2)融合，象在 A 中一样，多泡体还收容一些来自高尔基器(B 2)的小泡。据信多泡体表明激素的贮量，至少在甲状旁腺细胞是如此。

C--F. 由多泡体产生的溶酶体。多泡体从高尔基器(C)释放以后，这些小泡逐渐地被单位膜(D 和 E)包裹，最后合并起来形成溶酶体(F)。(引自 Anteunis, 1974)

溶酶体另一些可能来源已在图版 32 和 33 中表明。

放大：A 和 B×25,000　C—F×75,000

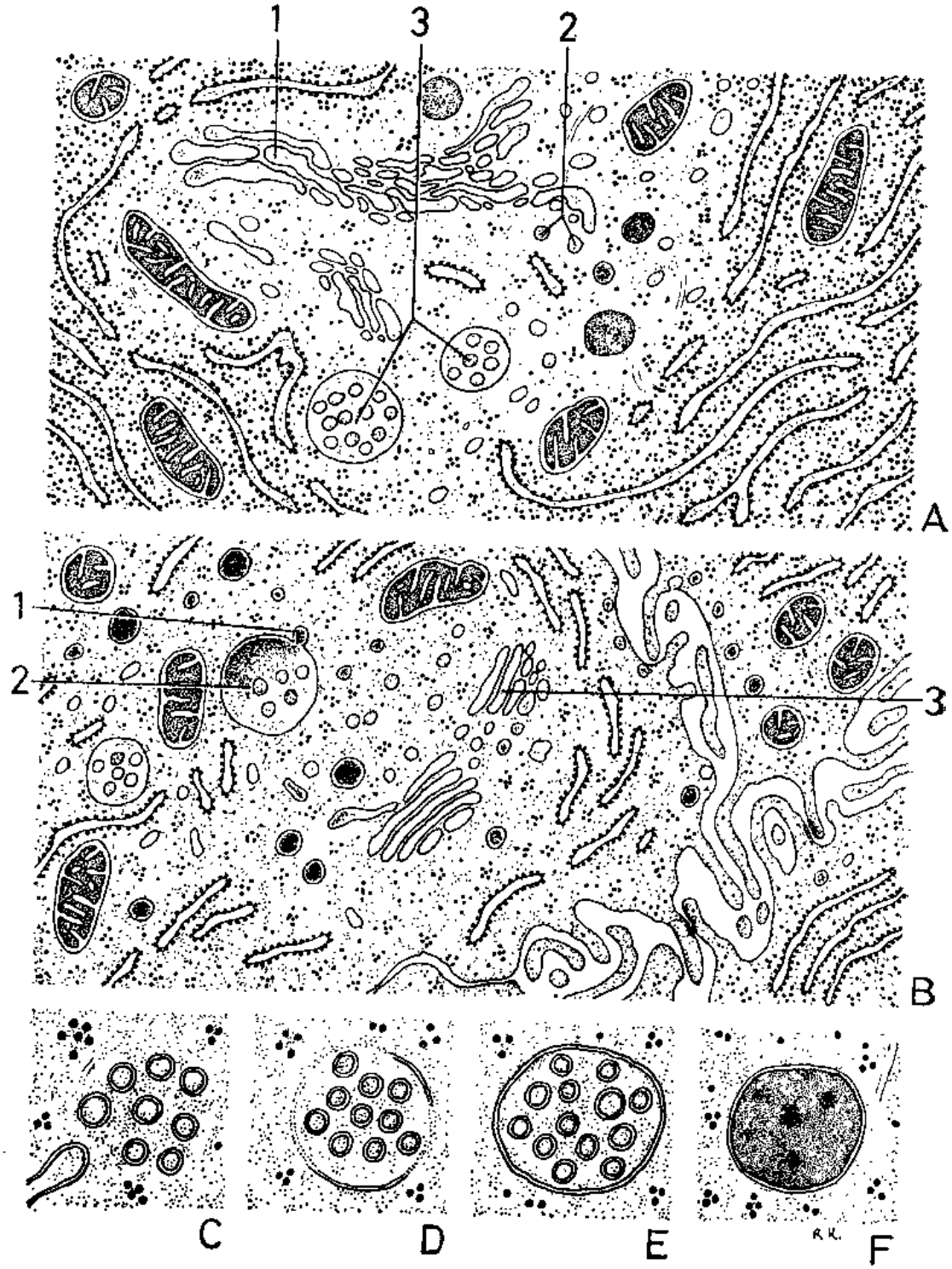
参　考　文　献

Anteunis, A.: Origin and fate of the multivesicular bodies in PHA stimulated lymphocytes. *Cell Tissue Res. 149*, 497—511 (1974)

Friend, D. S.: Cytochemical staining of multivesicular body and Golgi vesicles. *J. Cell Biol. 41*, 269—279 (1969)

Kilarsky, W., Jasinksi, A.: The formation of multivesicular bodies from the nuclear envelope. *J. Cell Biol 45*. 205—211 (1970)

Martin, B. J.,Spicer, S. S.: Multivesicular bodies and related structures of the syncytiotrophoblast of human term placenta. *Anat. Rec. 175*, 15—36 (1973)


1
3
2
A
1
2
3
B
C
D
E
F

图版 61　特殊的内皮细胞细胞器(人虹膜的毛细血管)

A. 在所有血管的内皮细胞中都发现了特殊的内皮细胞器,大小为 0.1—0.5 微米，它们的纵切面 (A 1) 呈椭圆形，横切面 (A 2) 是圆形。推测这些细胞器由内皮细胞释放到血管腔内 (A 3) 或毛细血管周间隙内 (A 4)。

B. 特殊细胞器的立体图象。其细颗粒状、中等密度的嗜锇内部容有 3—20 条小管 (B 1)，直径约为 200 Å，每条小管内都有一条细的中央细丝 (B 2)，这些细胞器都由单位膜(B 3)包裹。

特殊内皮细胞细胞器的意义不清楚，然而已知把它们浓缩注入动物体内有升高血压的效应，来自动物的另一些实验材料提示它们含有凝血因子。特殊内皮细胞器同溶酶体没有功能关系。

放大：A×50,000；B×120,000

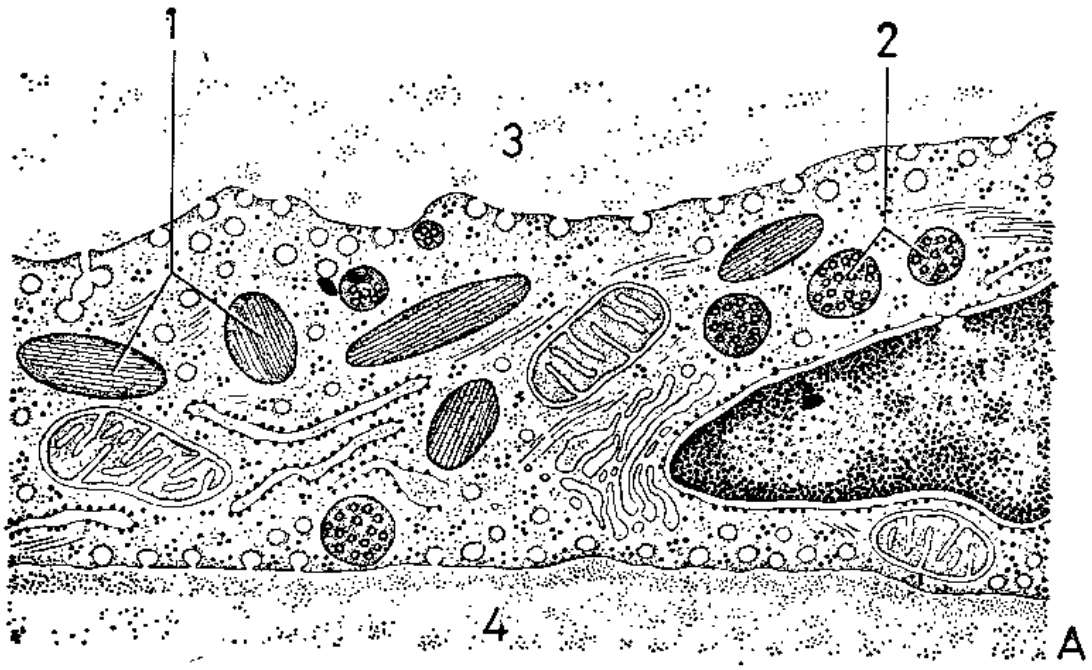
参　考　文　献

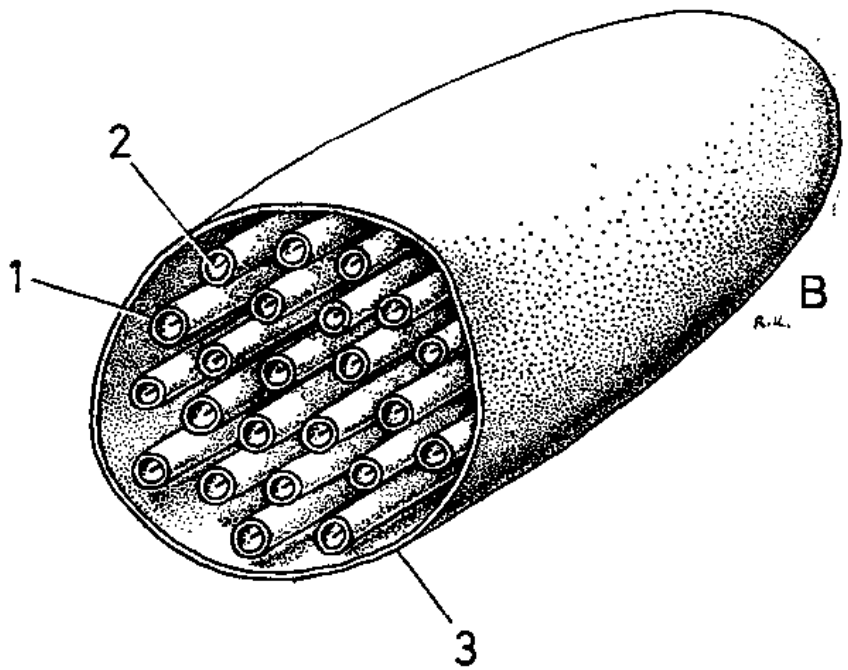
Bertini, F., Santolaya, R.: A novel type of granules observed in toad endothelial cells and their relationship with blood pressure active factors. *Experientia 26*, 522—523 (1970)

Burri, P. H., Weibel. E. R.: Beeinflussung einer spezifischen. Organelle von Endothelzellen durch Adrenalin. *Z. Zellforsch. 88*, 426—440 (1968)

Lemeunier, A., Burri, H., Weibel, E. R.: Absence of acid phosphatase activity in specific endothelial organelles. *Histochemie 20*, 143—149 (1969)

Weibel, E. R., Palade, G. E.: New cytoplasmic components in arterial endothelia. *J. Cell Biol. 23*, 101—112 (1964)


1
2
3
4
A


2
1
B
3

图版 62　微管。立体图象

后成质主要指的是微管状和细丝状结构的特殊形式，这些结构随着细胞的分化而发生。本图版和以下若干图版将举出几个后成质结构的例子。

微管是不同长度的细圆柱体，直径大约为 200—300 Å，分布于整个胞质中（A—C1）。为了更好地展示微管，除细胞核（A 2）外，其余所有的细胞成分都被略去。如图所示，许多微管都指向中心粒（A 3）。另外，它们可以小束出现作为皮质微管，特别是在上皮细胞的顶部，同微丝（A 4）一起构成终网。

微管的壁约 60—70 Å 宽，用负染对照显示微管是由 12 或 13 条平行排列的原丝（B 和 C 5）组成。这些原丝又是由微管蛋白（C 6）的球蛋白分子组成的，微管蛋白分子围绕着微管（C）的纵轴呈螺旋状排列。

微管可分若干种。各个时期细胞内微管的"稳定"形状尚有待证实。它们同微丝一起（如本例）起着维持细胞形状的作用，因此被看成是细胞的骨架部分。另一些稳定的微管见于动纤毛（图版 170 和 171）、中心粒和精子的尾部（图版 14 和 174）中，在该处它们有时被误认为是细丝。

易变的微管（例如在纺锤体中）在细胞有丝分裂（图版 141 和 142）和减数分裂过程中出现，到细胞分裂的末尾才消失。象这些可逆性结构总称为常质。

放大：A×8,000；B×130,000

参　考　文　献

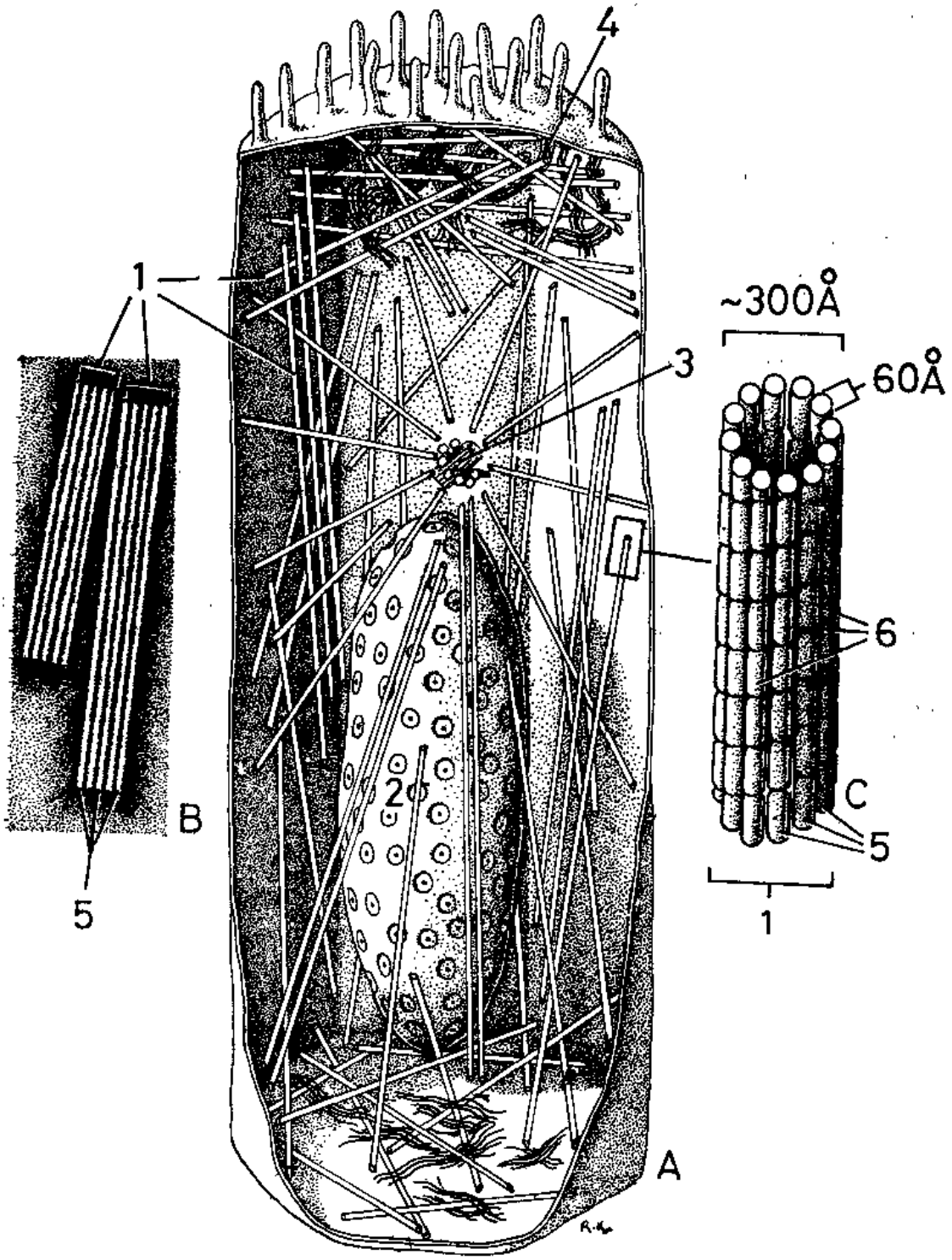
Bardele, C. F.: Struktur, Biochemie und Funktion der Mikrotubuli. *Cytobiologie* 7, 442—488 (1973)

Behnke, O., Forer, A.: Evidence for four classes of microtubules in individual cells. *J. Cell Sci.* 2, 169—192 (1967)

Erickson, H. P.: The structure and assembly of microtubules. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 253, 60—77 (1975)

Gall, J. G.: Microtubule fine structure. *J. Cell Biol.* 31, 639—643 (1966)

Olson, L. W., Heath, I. B.: Observations on the ultrastructure of microtubules. *Z. Zellforsch.* 115, 388—395 (1971)


4
1
~300Å
3
60Å
6
2
B
C
5
5
1
A

图版 63　微管(人的精子细胞)

在精子发生过程中,精子细胞核(1)被大量的微管(2)围绕着,这些微管组成领。当细胞体延长的时候,微管通过它们亚单位的聚合亦跟着延长。直到最近,才认为领参与精子头的造型。然而,近来的研究表明,精子细胞形状的变化是遗传决定的。

靠近领处有许多小泡(3)。顶体(4)被支柱细胞(5)覆盖着。

长箭头表示通过精子细胞核作的切面,在下一图版的A中说明。

放大: ×26,000

参　考　文　献

Carr, I.: The fine structure of microfibrils and microtubules in macrophages and other lymphoreticular cells in relation to cytoplasmic movement. *J. Anat. 112*, 383—389 (1972)

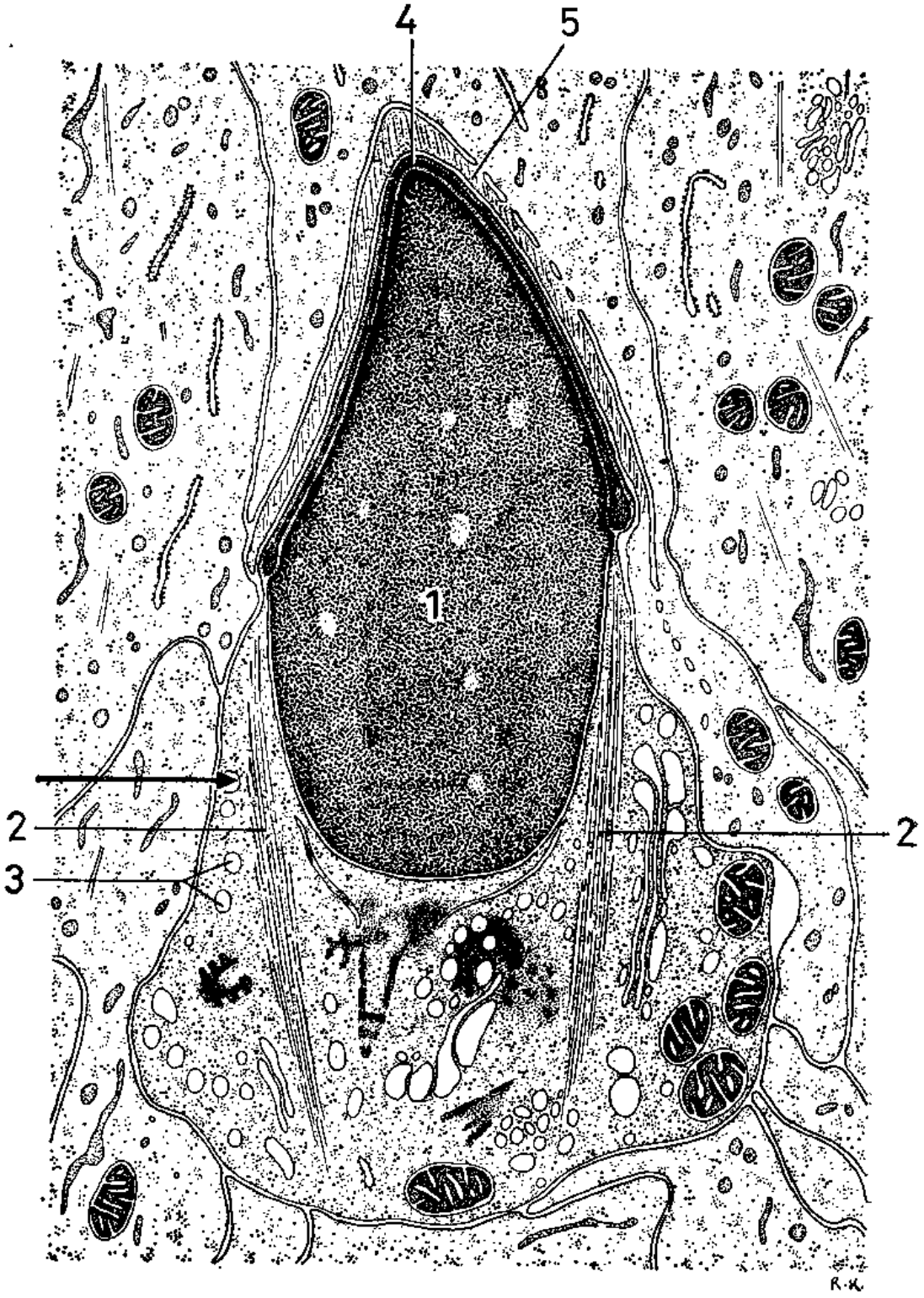
David, H.: Struktur und funktionelle Bedeutung des mikrotubulären Systems der Zelle. *Acta histochem.* [Suppl.] (Jena) *17*, 195—209 (1976)

De-Thé, G.: Cytoplasmic microtubules in different animal cells. *J. Cell Biol. 23*, 265—275 (1964)

Lloyd, C. W., Smith, C. G., Woods, A., Rees, D. A.: Mechanisms of cellular adhesion. II. The interplay between adhesion, the cytoskeleton and morphology in substrate-attached cells. *Exp. Cell Res. 110*, 427—437 (1977)

Sandborn, E., Koen, P. F., McNabb, D. J., Moore, G.: Cytoplasmic microtubules in mammalian cells. *J. Ultrastruct. Res. 11*, 123—138 (1964)

Wilson, L.: Action of drugs on microtubules. *Life Sci. 17*, 303—310 (1975)


4
5
1
2
2
3
R.K.

图版 64　微管(大鼠的各种细胞)

A. 通过精子细胞核的横切面显示组成领的许多微管 (A 1) 的剖面。一些小泡 (A 2) 在领的外表面附近。

B. A 图长方形区的放大,显示微小的嗜锇致密物(箭头)组成的纤细小桥,这些致密物把微管 (B 1) 彼此连接,并连到小泡 (B 2) 上。小桥很可能代表小泡沿着微管转运的底物。事实上,在精子细胞体增长的过程中,领对小泡的迁移是相当起作用的。

C. 对轴突的类似观察表明,微管 (C 1) 或这里所称的神经小管(图版 66)在突触小泡 C2 的转移和分布中是起作用的。

D. 以横切面和纵切面显示几束微管 (D 1),它们取自大鼠垂体后叶神经分泌细胞的轴突终末,在此微管执行着两种功能:有助于保持细胞的形状和把神经分泌颗粒转运到外周。黑色圆形的膜被结构含有分泌产物,或相当于神经分泌颗粒 (D 2)。一群群小泡 (D 3) 是突触样小泡。

放大: A×48,000; B 和 C×180,000; D×24,000

参　考　文　献

Fawcett, D. W., Anderson, W. A., Phillips, D. M.: Morphogenetic factors influencing the shape of the sperm head. *Dev. Biol.* 26, 220—251 (1971)

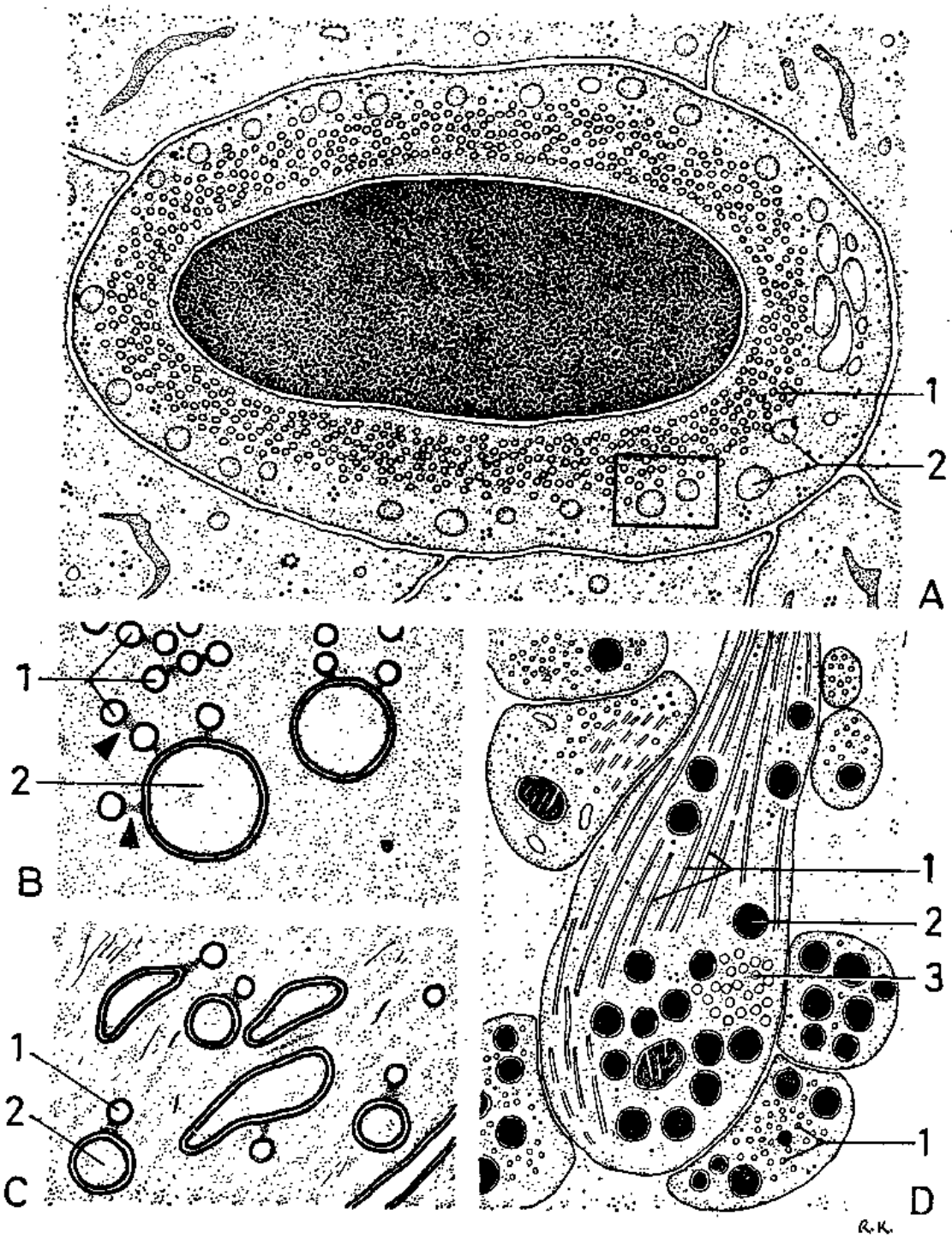
Livingston, A.: Microtubules in the neurosecretory neurones of the posterior pituitary of the rat. *Cell Tissue Res.* 180, 253—261 (1977)

MacKinnon, E. A., Abraham, J. P., Svatek, A.: Long link induction between the microtubules of the manchette in intermediate stages of spermiogenesis. *Z. Zellforsch.* 136, 447—460 (1973)

Rattner, J. B., Brinkley, B. R.: Ultrastructure of mammalian spermiogenesis III. The organization and morphogenesis of the manchette during rodent spermiogenesis. *J. Ultrastruct. Res.* 41, 209—218 (1972)

Smith, D. A.: Bridges between vesicles and axoplasmic microtubules. *J. Cell Biol.* 47, 195a (1970)

Wessels, N. K.: How living cells change shape. *Sci. Am.* 225, 77—82 (1971)


1
2
A
1
2
B
1
2
C
1
2
3
1
D
R.K.

图版 65　微管(大鼠的血小板)

微管具有维持细胞形状的功能，血小板是很好的例证。

A. 血小板是无核的细胞片段，大小为 3—5 微米，在血液凝固中它们起着积极的作用。它们的线粒体 (A 1)、粗面内质网 (A 2)、溶酶体 (A 3) 和少量的分泌颗粒 (A 4) 共同构成颗粒区。透明区是指周围较透亮的基质区 (A 5)，微管 (A 6) 就位于该处。

B. 用立体图象显示同一血小板内的微管方位。它们形成一个周围环，使血小板能保持扁圆形。

放大：A 和 B×25,000

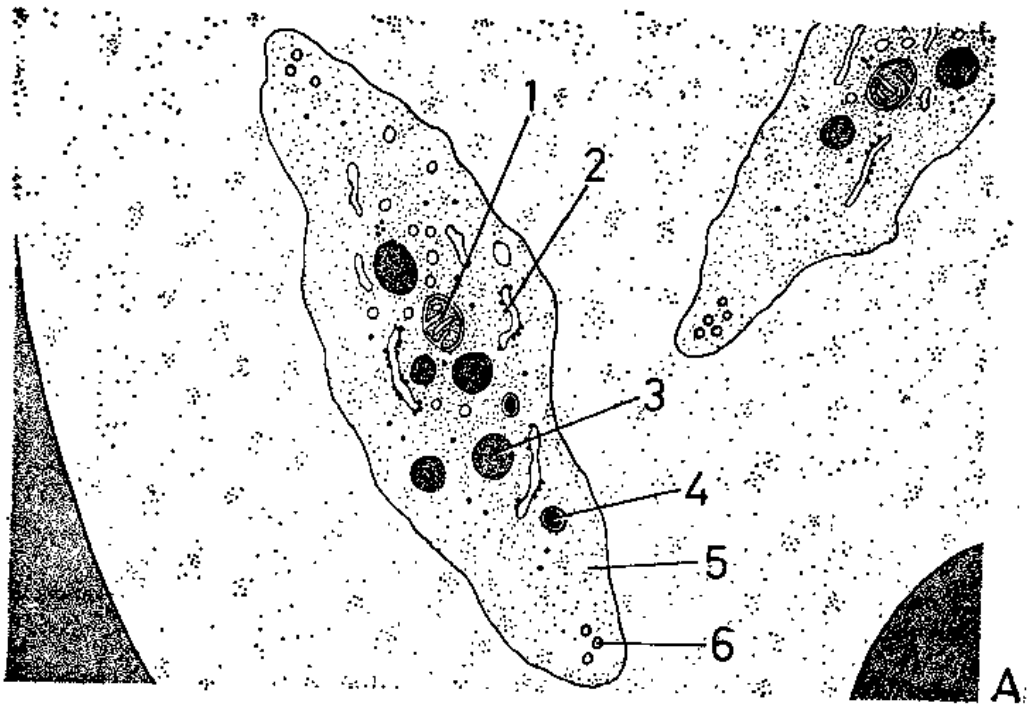
参　考　文　献

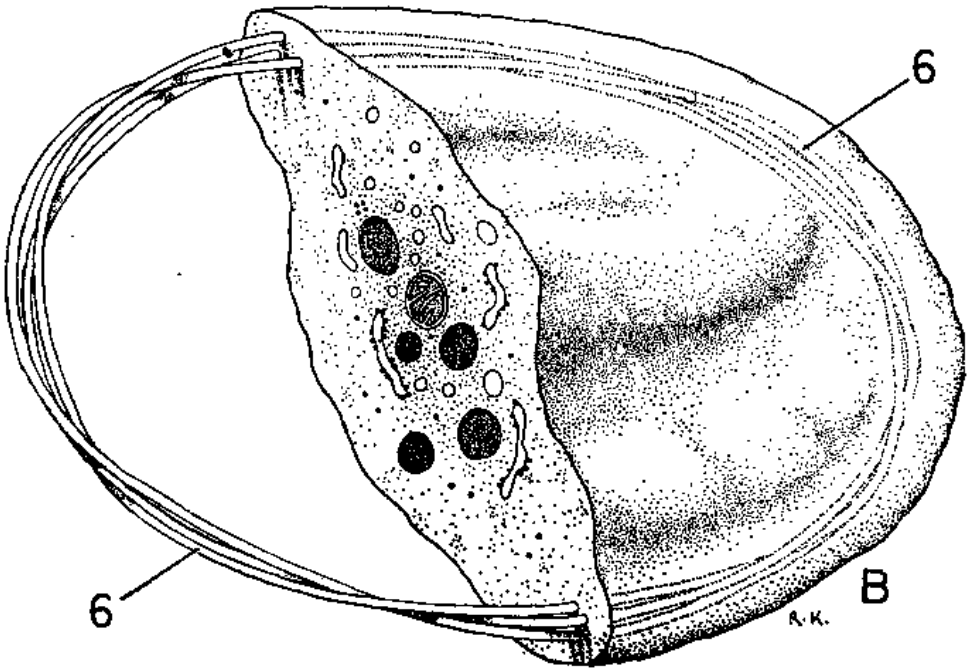
Behnke, O., Zelander, T.: Filamentous substructure of microtubules of the marginal bundle of mammalian blood platelets. *J. Ultrastruct. Res. 19*, 147—165 (1967)

Fawcett, D. W., Witebsky, F.: Observations on the ultrastructure of nucleated erythrocyts and thrombocytes, with particular reference to the structural basis of their discoidal shape. *Z. Zellforsch. 62*, 785—806 (1964)

Haydon, G. B., Taylor, D. A.: Microtubules in hamster platelets. *J. Cell Biol. 26*, 673—676 (1965)

Silver, M. D.: Cytoplasmic microtubules in rabbit platelets. *Z. Zellforsch. 68*, 474—480 (1965)


1
2
3
4
5
6
A


6
6
B
R.K.

图版 66　微管。神经小管。（大鼠小脑的神经细胞）

神经细胞的微管(或神经小管)同其它微管相比，在大小方面相似，但在化学成分方面则不一样。

A. 显示尚无髓鞘的普肯野氏细胞轴突内的大量神经小管（A 1）和散在的神经丝束（A 2）的横切面。成堆的扁囊（A 3）是滑面内质网的一部分。

B. 轴突一部分的立体图象。神管小管（B 1）和 70—100 Å 粗的神经丝（B 2）从滑面内质网（B 3）的管和线粒体（B 4）旁经过。

神经小管和神经丝的功能与细胞内的物质转运有关。

放大：A×32,000；B×26,000

参　考　文　献

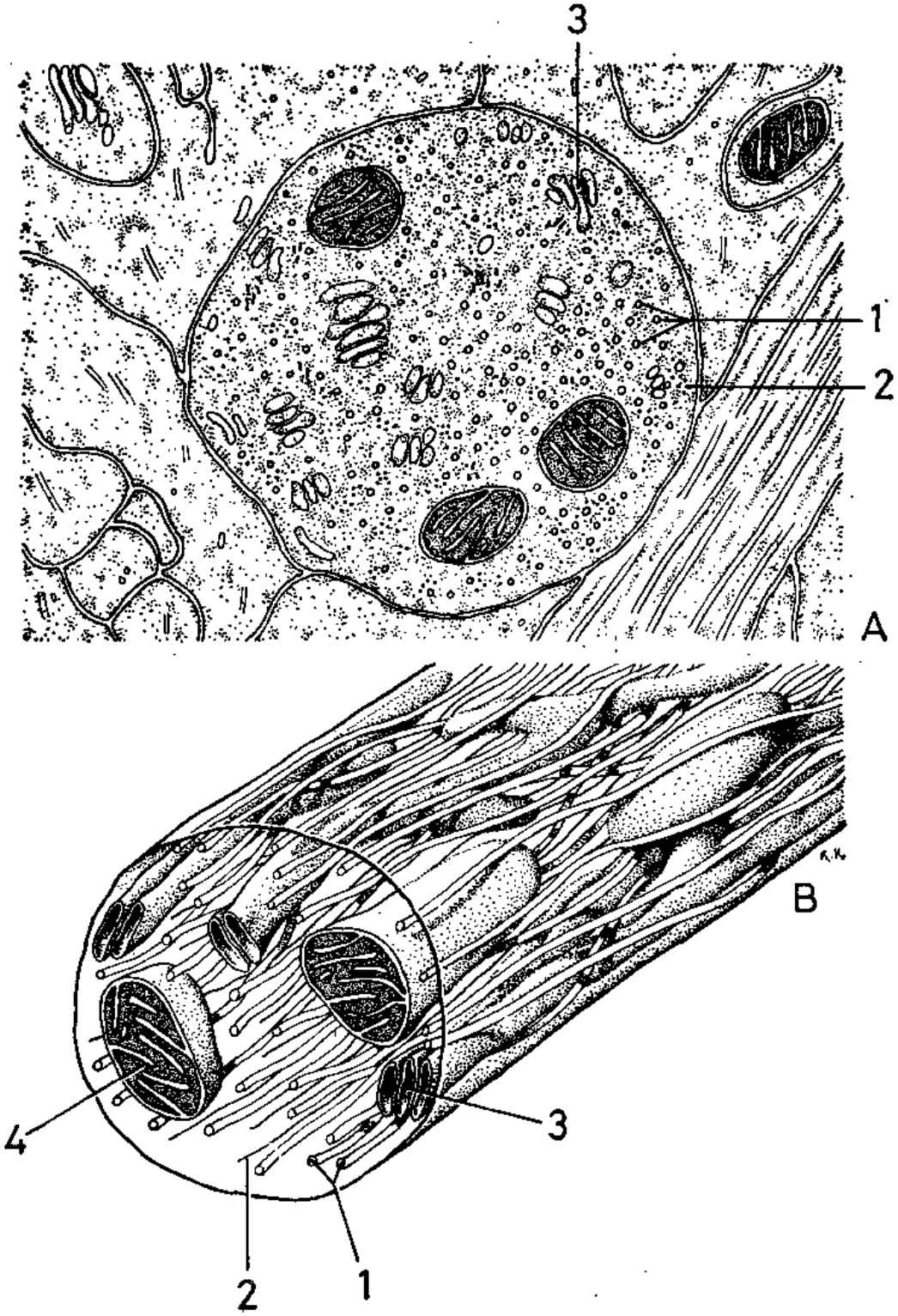
Couteaux, R., Carasso, N., Favard, P.: High and low voltage electron microscopical observations of the neurofibrillar bundles of the leech after silver impregnation. *J. Microscopie Biol. Cell* 24, 283—294 (1975)

Pellegrino de Iraldi, A., de Robertis, E.: The neurotubular system of the axon and the origin of granulated and non-granulated vesicles in regenerating nerves. *Z. Zellforsch. 87*, 330—344 (1968)

Peters, A., Vaughn, J. E.: Microtubules and filaments in the axons and astrocytes of early postnatal rat optic nerves. *J. Cell Biol. 32*, 113—119 (1967)

Schlaepfer, W. W.: Studies on the isolation and substructure of mammalian neurofilaments. *J. Ultrastruct. Res. 61*, 149—157 (1977)

Wueker, R. B.: Kirkpatrick, J. B.: Neuronal microtubules, neurofilaments and microfilaments. *Int. Rev. Cytol. 33*, 45—75 (1970)


3
1
2
A
B
4
3
2
1

图版 67　微丝。张力丝。（人表皮棘细胞层细胞）

除微管外，所有的细胞（除红细胞外）都含有微丝，其直径为 50—150 Å。其中一些纯粹起机械作用；而另一些具有收缩功能。

图示张力丝(1)，直径为 100—150 Å，长度为几微米。和其它微丝一样，它们往往成束出现。在表皮的棘细胞层中，这些微丝束被称为张力原纤维 (2)，用光镜就能清楚地观察到（图版 116，C 5）。

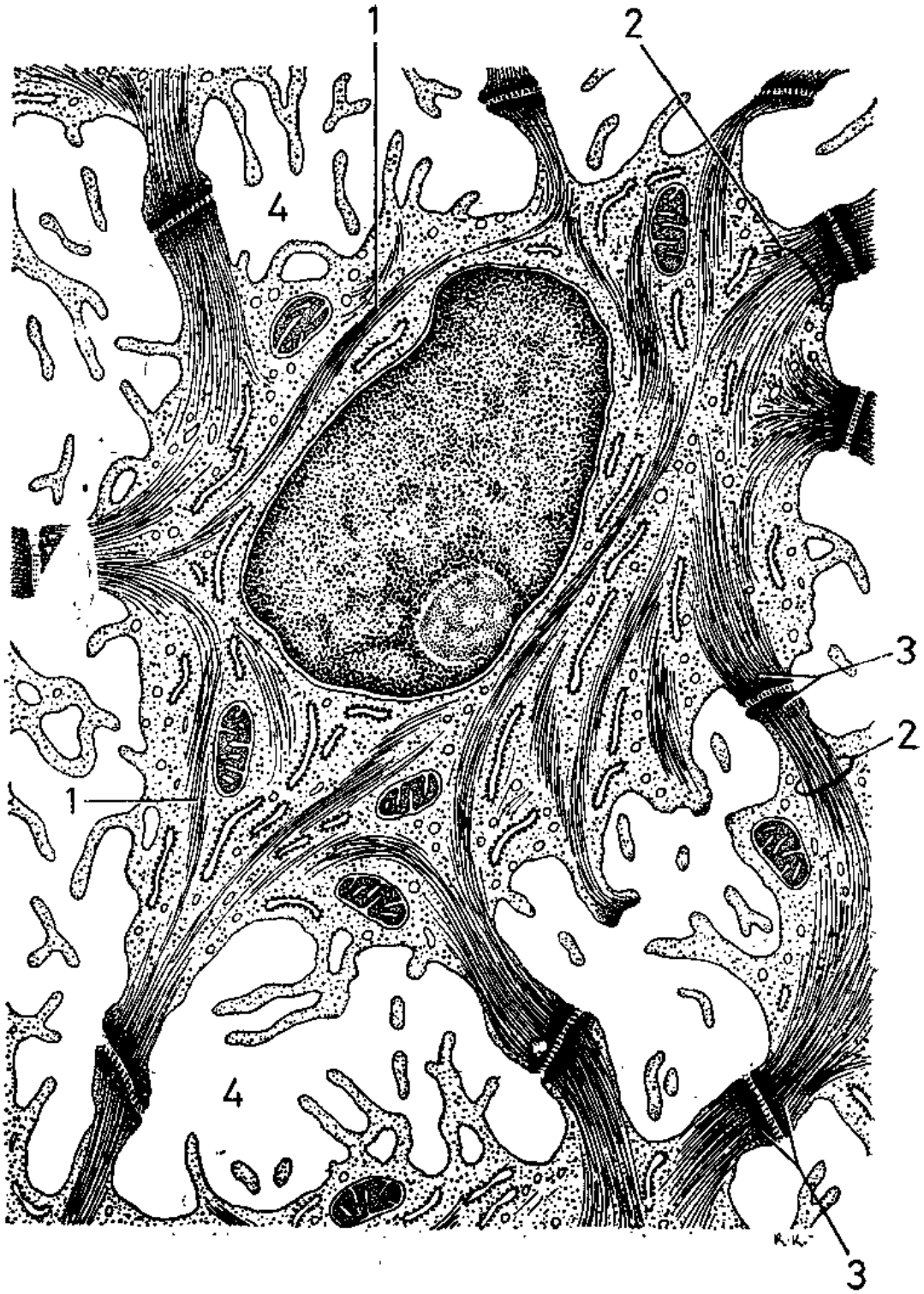
在这个例子中，张力丝和张力原纤维纯粹起机械作用。它们从保证细胞接触（图版 115）的桥粒(3)处起，以不同方向通过细胞体，使单个细胞和整个棘细胞层能抵御机械应力。张力丝很可能是由角蛋白组成，因为在角化过程中（图版 158 和 159）它们特别丰富。注意宽的细胞间隙(4)。

放大：×18,000

参　考　文　献

Brody, I.: An electron microscopic study of the fibrillar density in the normal human stratum corneum. *J. Ultrastruct. Res. 30*, 209—217 (1970)

Brody, I.: Variations in the differentiation of the fibrils in the normal human stratum corneum as revealed by electron microscopy. *J. Ultrastruct. Res. 30*, 601—614 (1970)


1
2
4
3
2
1
4
3

图版 68　微丝。神经胶质丝。(大鼠大脑皮质的纤维性星形胶质细胞)

中枢神经系统的神经胶质细胞位于神经元之间的间隙内，其中有星形胶质细胞。神经胶质细胞的细胞质内存在着微丝或神经胶质丝(1)，大概是执行机械功能的。它们的直径和张力丝(图版 67)的相同。星形胶质细胞被具有髓鞘的轴突(2)围绕着，轴突的轴浆(图版 66)内有神经微管(3)和神经微丝(4)。

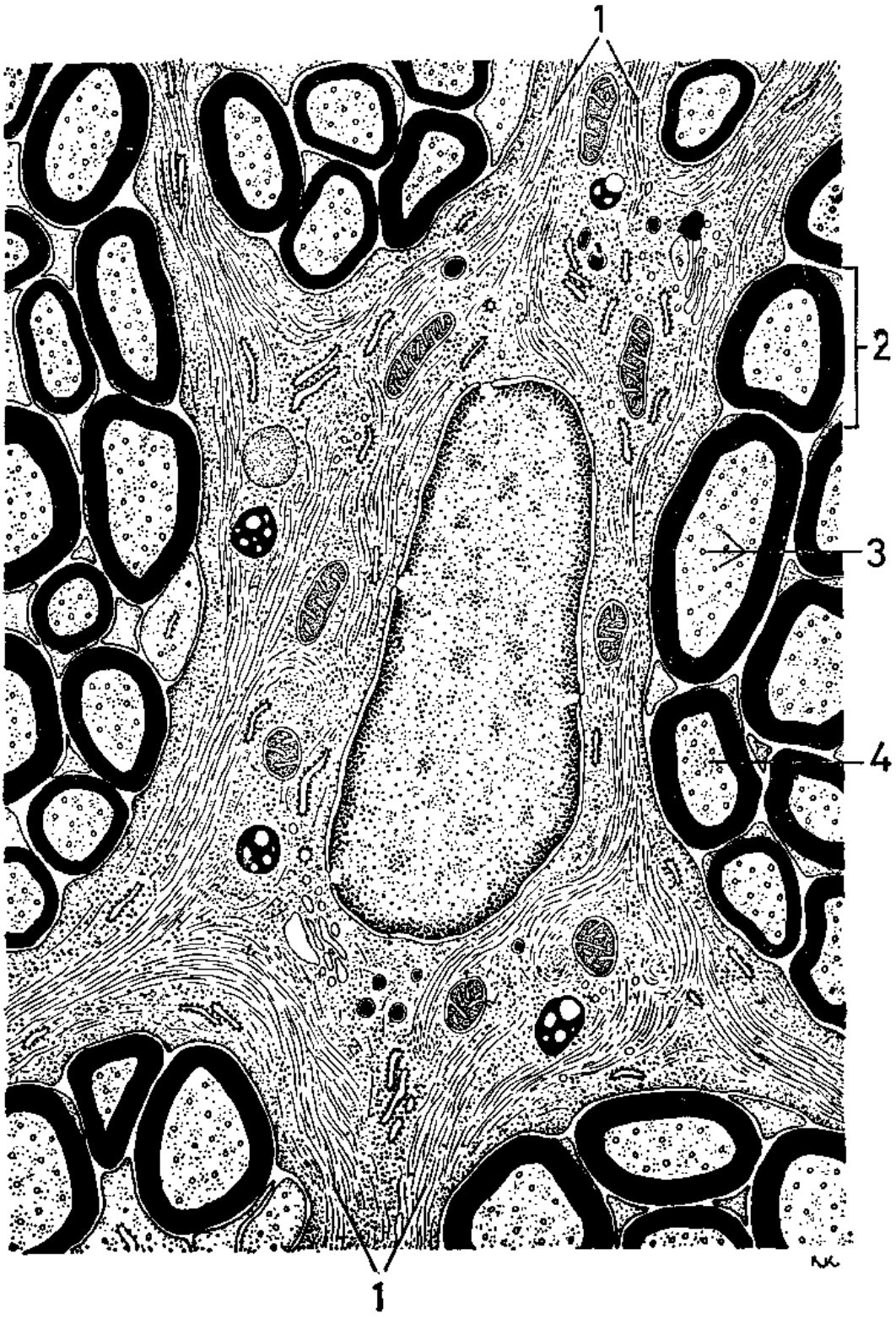
放大：×20,000

参　考　文　献

Goldman, J. E., Schaumburg, H. H., Norton, W. T.: Isolation and characterisation of glial filaments from human brain. *J. Cell Biol. 78*, 426—440 (1978)

Ribadeau Dumas, J. -L., Poirier, J.: Astrocyte. *Nouv. Presse méd. 1*, 1091—1096 (1972)

Vaughn, J. E.: Peters, A.: Electron microscopy of the early postnatal development of fibrous astrocytes. *Am. J. Anat. 121*, 131—152 (1967)


1
2
3
4
1

图版 69　微丝。肌丝。(大鼠的不完全收缩状态的骨骼肌纤维)

横纹肌的肌原纤维(1)由两种类型的肌丝组成。

在偏振光下,各向异性的肌球蛋白丝(2)长约 1.5 微米,宽 100 Å,它们构成了 A 带的大部分。在肌球蛋白丝之间存在着肌动蛋白丝(3),它们亦参加 A 带的组成。肌动蛋白丝长约 1 微米,宽约 50 Å。在偏振光下,只有肌动蛋白丝通过的区域,呈现为各向同性的 I 带。

I 带的中部有一个嗜锇结构,是 Z 线,它是肌动蛋白丝的附着部位。两条相邻的 Z 线之间定为肌节(4),是最小的收缩单位。因为肌动蛋白丝没有完全抵达 A 带的中部,所以就产生一个较亮的 H 带。在 H 带中,肌球蛋白丝明显地增粗(中线或 M 线)。

肌丝是肌肉收缩所需的基本成份。收缩过程中,肌动蛋白丝在肌球蛋白丝间滑动,Z 带一起移动,肌纤维缩短,使 H 带和 I 带逐渐变窄,最后消失。在强烈收缩的肌肉中,Z 线和 A 带相遇。

在肌原纤维间有大量的线粒体(5)和 β 糖原颗粒 (6)。每条肌原纤维都被肌质网 (7) 包着,它们的终池(8)同横行的 T 小管一起形成三联体 (9)。横纹肌纤维被包在基板 (10) 内。

放大: ×22,000

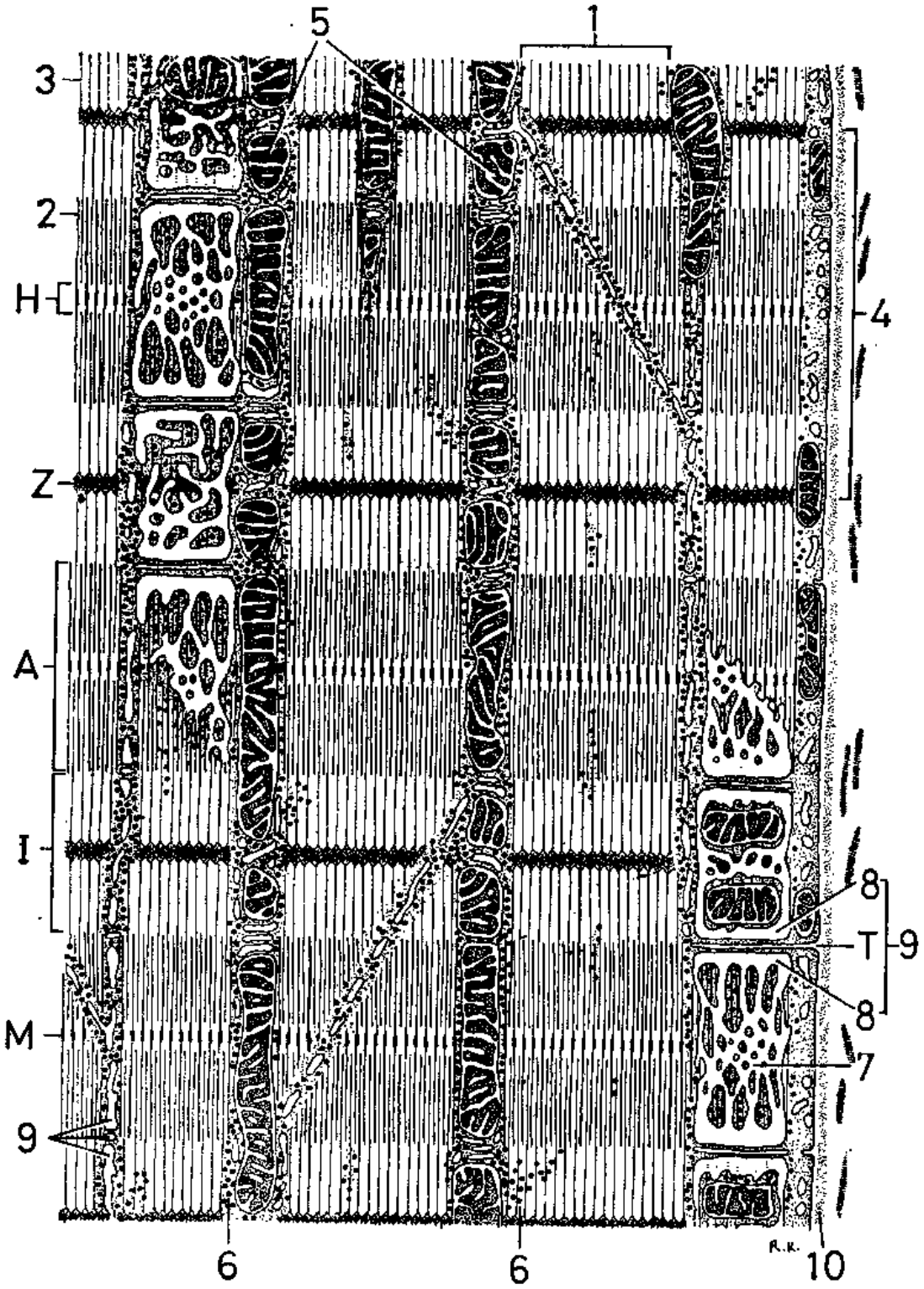
参　考　文　献

Franzini-Armstrong, C.: Studies on the triad I. Structure of the junction in frog twitch fibers. J. Cell *Biol. 47*, 488—499 (1970)

Kelly, D. E.: The fine structure of skeletal muscle triad junctions. *J. Ultrastruct. Res. 29*, 37—49 (1969)

Knappeis, G. G.: Carlsen, F.: The ultrastructure of the Mline in skeletal muscle. *J. Cell Biol. 38*, 202—211 (1968)

Larson, P. F.: Fulthorpe, J. J., Hugson, P.: The alignment of polysomes along myosin filaments in developing myofibrils. *J. Anat. 116*, 327—334 (1973)


5
1
3
2
H
4
Z
A
I
8
T
9
8
M
7
9
6
6
R.K.
10

图版 70　微丝。肌丝横切面。(大鼠的不完全收缩状态的骨骼肌纤维)

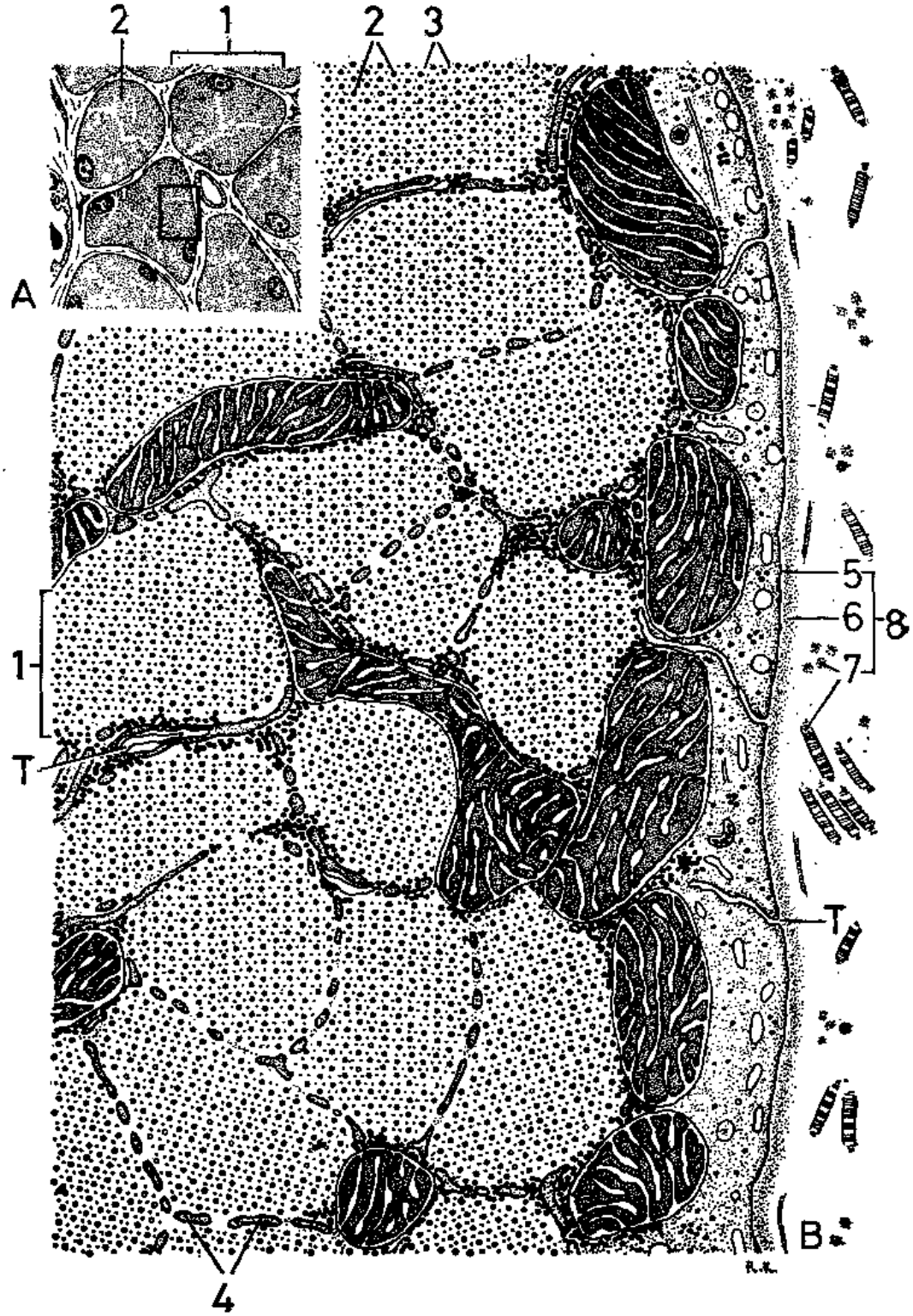
A. 光镜观察,肌纤维 (A 1) 的横切面显示了肌原纤维束组成所谓的孔亥氏区(A 2)。小点代表横切的肌原纤维。

B. 电镜观察，能看到A图方框区内的肌原纤维 (B 1)。 大的黑点代表肌球蛋白丝 (B 2)，较小的点为肌动蛋白丝(B 3)，每一条肌球蛋白丝被六条以六角形排列的肌动蛋白丝围绕着。另外，横切面上亦显示了丰富的肌质网 (B 4) 和T小管 (T)。 肌纤维的质膜 (B 5)、基板 (B 6)、网状和胶原微纤维 (B 7) 共同构成了光镜下的肌膜 (B 8)。 但是实际上,肌膜是肌纤维的质膜 (B 5)。

放大: A×500; B×60,000

参　考　文　献

Huxley, H. E.: The mechanism of muscular contraction. *Science 164*, 1356—1366 (1969)
Pepe, F. A.: The myosin filament. *J. Cell Biol. 52*, 255—260 (1972)


2
1
2
3
A
1
T
5
6
8
7
T
B
4

图版 71　微丝。肌丝。(静止和收缩状态的横纹肌原纤维)

A. 一条肌原纤维的纵切面表明肌节 (A 1) 及其 A、I、H 带和 M、Z 线。

在横切面上，由于肌球蛋白丝 (A 2) 和肌动蛋白丝 (A 3) 部分重叠而形成的图样随着切面而变化。通过肌原纤维(箭头)各横切区的相应图象用圆图表示。

通过 I 带的切面仅显示呈六角形排列的肌动蛋白丝的剖面 (A 4)。在肌球蛋白丝和肌动蛋白丝重叠的地方，每一条肌球蛋白丝被六条肌动蛋白丝围绕着 (A 5)。经过 M 线的切面显示出肌球蛋白丝的增粗部分 (A 6)。重新呈六角形排列。在H带水平上(A7)，可见由同一肌球蛋白丝的细部构成相似的图象。通过Z线的切面显示出方格 (A 8)。

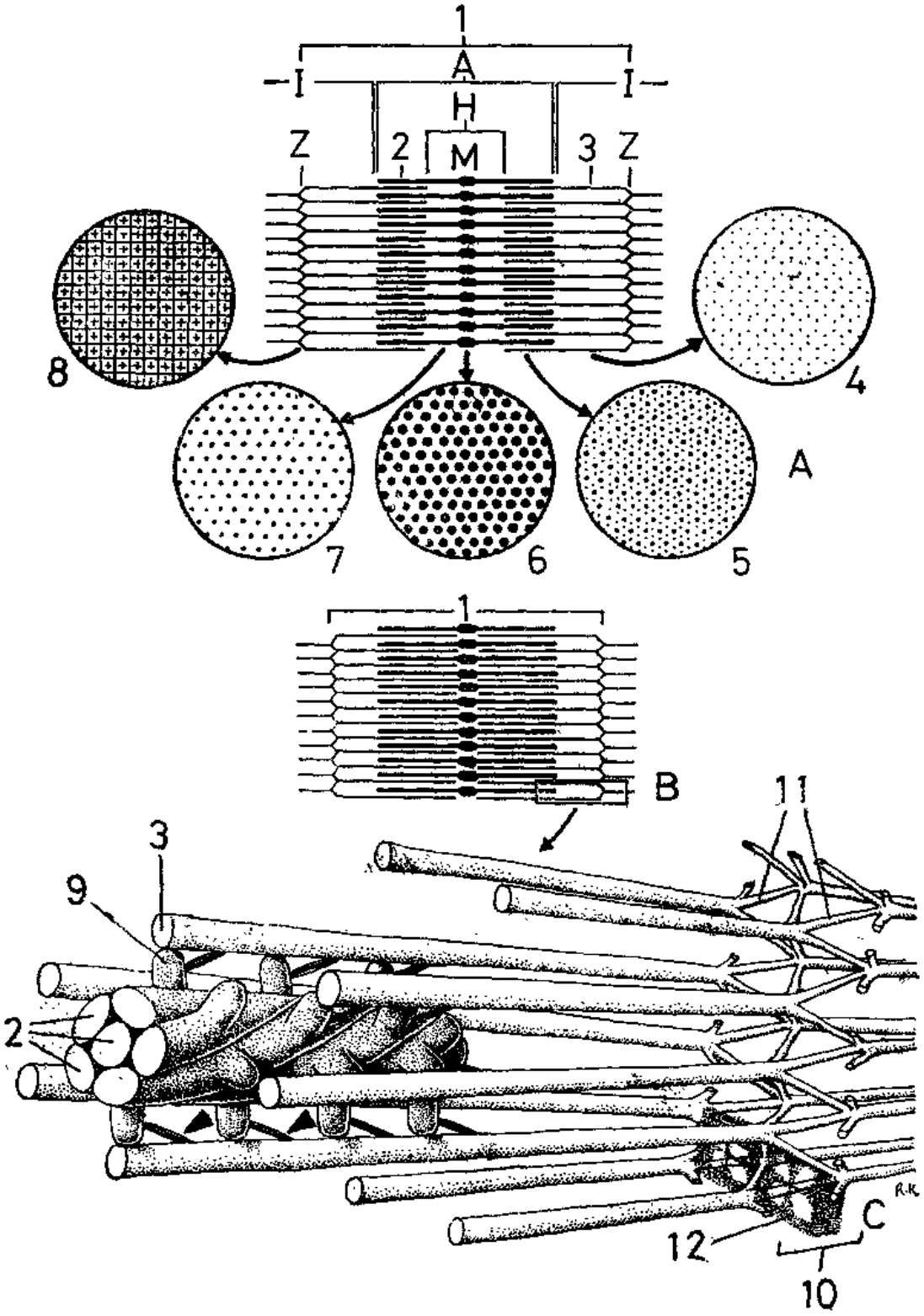
B. 收缩过程中的一个肌节。由于肌动蛋白丝沿着肌球蛋白丝持续滑动，I 带变窄，H带逐渐消失。注意这个过程的结果是肌节 (B 1) 缩短，而肌丝本身的长度保持不变。

C. 简化而又设想的细节图 (B 长箭头)，说明肌球蛋白丝 (C 2) 由亚单位组成。亚单位的短突从侧面垂直伸出 (C 9)。随着 ATP 分解，把这些肌球蛋白突起连接到肌动蛋白丝 (C 3) 上的键(箭头)形成了，这样就引起肌动蛋白丝和肌球蛋白丝彼此间的滑动(更详细的说明请参考生物化学和生理学教科书)。在肌球蛋白丝通过 I 带期间，肌动蛋白丝约改变位置 100 Å 左右，这样在Z线水平上就形成了方格形 (A 8)。在Z线处 (C 10)，每一条肌动蛋白丝裂成四条细的Z丝 (C 11)。毗邻肌节的Z丝的连接方式不是十分清楚，在Z丝之间存在着细颗粒状的和细丝状的有一定电子密度的Z基质 (C 12)，Z丝和Z基质共同构成高度复杂的Z线。

参　考　文　献

Kelly, D. E., Cahill, M. A. Filamentous and matrix components of skeletal muscle Z-disks. *Anat Rec. 172*, 623—642 (1972)

Rowe, R. W.: Ultrastructure of the Z line of skeletal muscle fibers. *J. Cell Biol. 51*, 674—685 (1971)


1
A
I
I
H
Z
2
M
3
Z
8
4
7
6
5
A
1
B
11
3
9
2
C
R.K
12
10

图版 72　微丝。肌丝。(大鼠空肠平滑肌细胞的纵切面)

A. 平滑肌细胞横切面和纵切面的光镜观察。 所标出的较大的一个方框区相当于本图版的 B. 较小的一个见图版 73 A。

B. 较高倍数放大。平滑肌细胞的纵切面显示大致平行的肌动蛋白丝(1)和肌球蛋白丝(2),后者不象横纹肌纤维中那样明显。平滑肌细胞中肌丝的排列没有横纹肌纤维中规则。可能由于这个原因,平滑肌细胞的收缩就较缓慢和较持久。

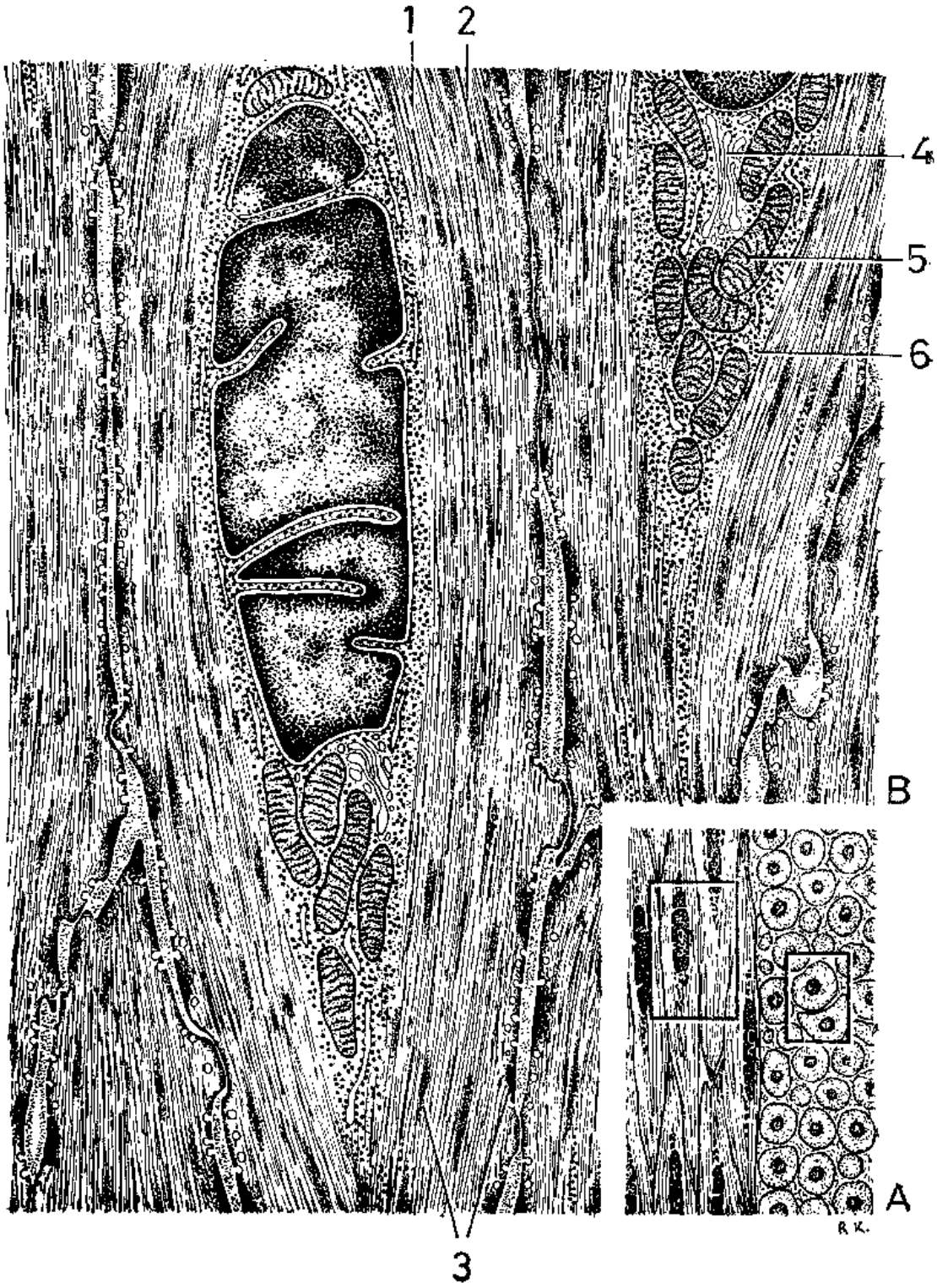
在细胞质内和质膜上所见的嗜锇性致密物或密体(3)是肌动蛋白丝的插入部位。在这个意义上密体可能相当于横纹肌纤维的Z线。 每一平滑肌细胞中,在核的每一极区,即所谓内质,是没有肌丝的,而含有高尔基器(4)、线粒体(5)、β 糖原颗粒(6)和其它细胞器,以及核蛋白体,偶有脂褐素颗粒。 细胞核呈分叶状,这是由于在细胞收缩过程中核呈螺旋状构型的结果。

放大: A × 800; B × 20,000

参　考　文　献

Kelly, R. E., Rice, R. V.: Localization of myosin filaments in smooth muscle. *J. Cell Biol.* *37*, 105—116 (1968)

Rice, R. V., Moses, J. A., McManus, G. M., Brady, A. C., Blasik, L. M.: The organization of contractile filaments in mammalian smooth muscle. *J. Cell Biol.* *47*, 183—196 (1970)


1
2
4
5
6
B
A
3
R.K.

图版 73　微丝。肌丝。（大鼠空肠平滑肌细胞的纵切面）

A. 在横切面上的平滑肌细胞主要呈圆形或卵圆形，细胞彼此间通过缝隙连接（A 1）相接触，而质膜的其余部分被基板（A 2）、胶原和网状微原纤维（A 3）包围着。

B. 高倍放大揭示A方框中的细胞质区。此图中粗的肌球蛋白丝（B 1）和细的肌动蛋白丝（B 2）无规则地散布于整个细胞质中，游离核蛋白体的形象（B 3）比肌球蛋白丝大。本图多少是想象的，因为肌球蛋白的纤维并不能在所有的标本上出现，而且很难表示出来。据认为肌球蛋白纤维随平滑肌细胞的收缩而散开。为了使B图更为简化，没有表示出第三种微丝。

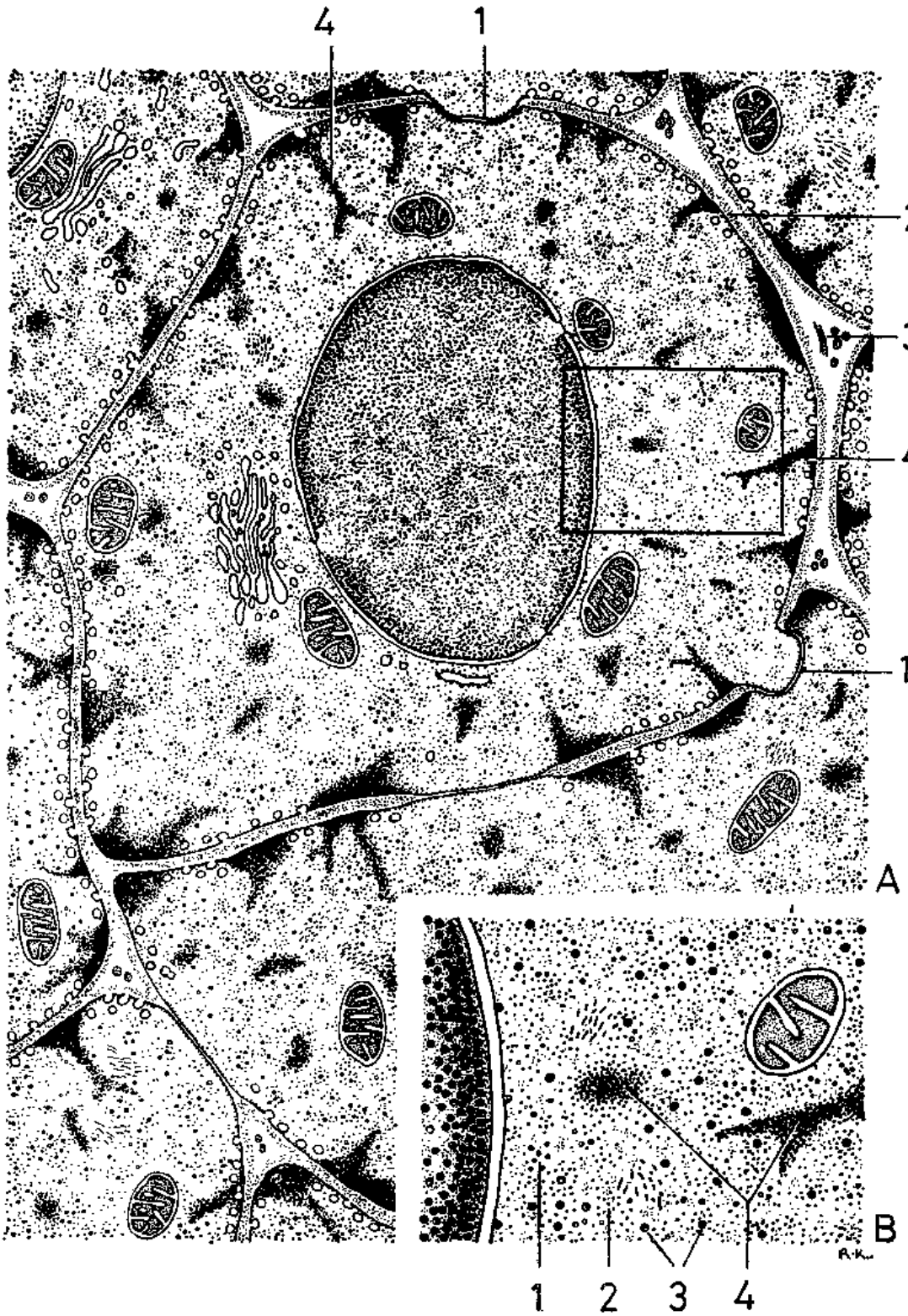
在平滑肌细胞的横切面上，也能见到象图版72中所显示的密体或密斑（A 4 和 B 4）。

放大：A × 27,000；B × 55,000

参　考　文　献

Cobb, J. S. L., Bennett, T.: A study of nexuses in visceral smooth muscle. *J. Cell Biol. 41*, 287—297 (1969)

Tilney, L. G., Mooseker, M. S.: Actin filament-membrane attachment: are membrane particles involved? *J. Cell Biol. 71*, 402—416 (1976)


4
1
2
3
4
1
A
B
1
2
3
4

图版 74　微丝(大鼠甲状腺的 C 细胞)

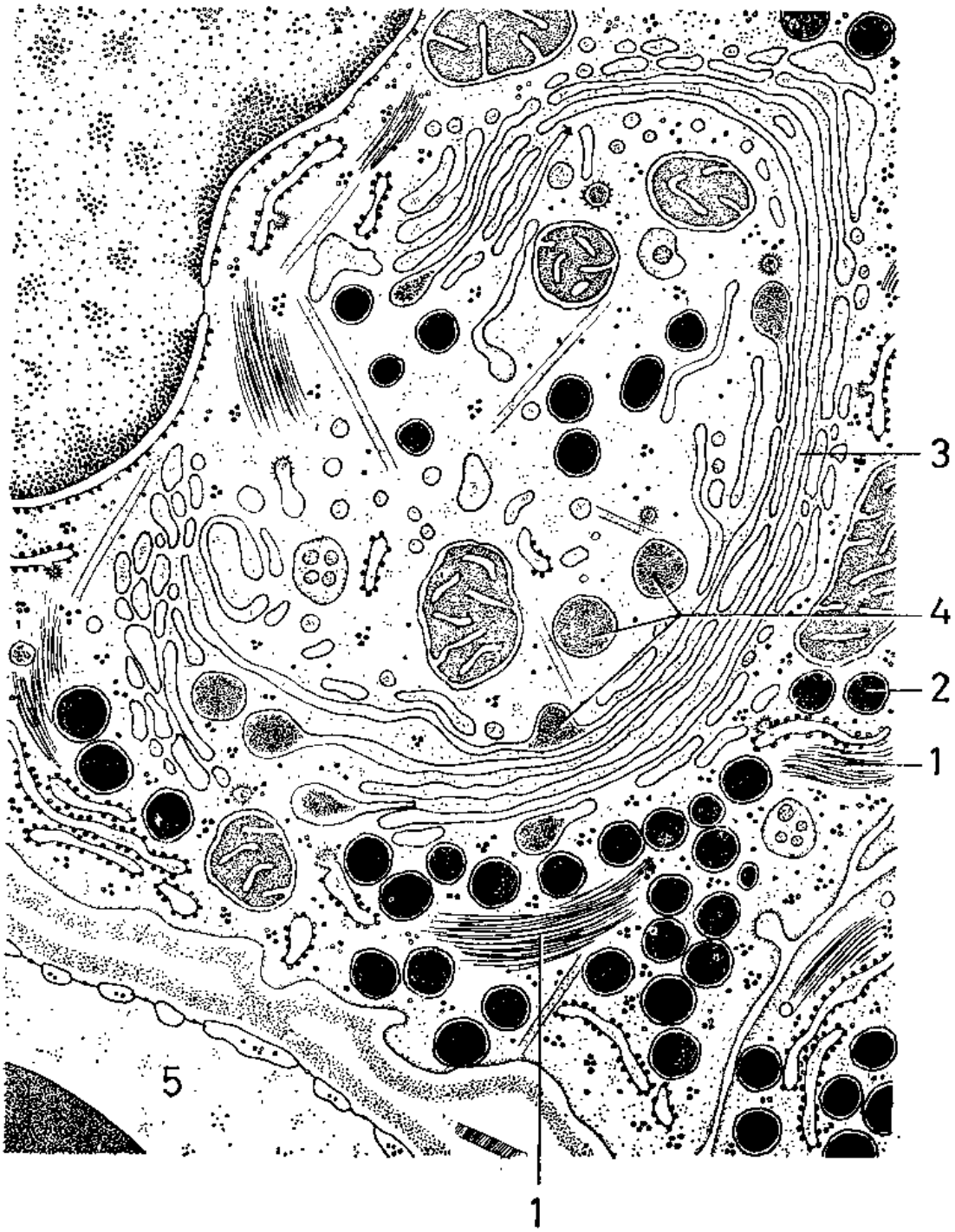
微丝束(1)可出现在外分泌细胞和内分泌细胞。如本图版所示,它们以各种方向走行在分泌颗粒(2)之间,并且可见于高尔基器(3)附近。据认为微丝的收缩可以促进分泌产物的排出。

注意发达的高尔基器和它的大量扁囊以及含有中等密度物质(4)的囊泡。图左下方有一条有孔毛细血管(5)通过。

放大: ×52,000

参　考　文　献

Bussolati, G., Monga, G.: A possible role of microtubules in the cells secretory mechanism. *Experientia* 26, 881—883 (1970)


3
4
2
1
5
1

图版 75　色素。黑色素。（小鼠毛囊的黑色素细胞）

副质或内含物指的是细胞内产生或贮存的各种无生命物质，其中包括糖原、各种色素、脂类、蛋白结晶体、透明角质颗粒和所有的分泌颗粒。根据细胞的活动状态，这些物质的每一种可交替出现或消失。

本图版和以下几个图版要举例说明各种类型的副质。糖原已在图版 41 和 46 中显示，透明角质颗粒将在图版 158 和 159 中显示。

色素是出现在活细胞中并决定细胞颜色的一种副质。

起源于神经嵴的一些细胞（黑色素细胞）有产生淡红色乃至黑色内源性黑色素的能力。黑色素合成过程在A中表明。

A. 前黑色素小体（A 1）是在粗面内质网（A 2）上合成，而后再从粗面内质网转移到高尔基器（A 3 和 B 3）。此图中有含酪氨酸酶（A 4 和 B 4）的螺旋状分子的小泡在形成，并发展成黑色素小体（A 5 和 B 5），最后变成黑色素颗粒（A 6）。

黑色素小体是专门进行黑色素合成的一种细胞器。从黑色素小体发展到成熟黑色素颗粒的各阶段示于 B—E 中。

B. 在第一个阶段，黑色素小体内（B 5）仅出现高度复杂螺旋的酪氨酸酶分子。

C. 与多巴（二羟苯丙氨酸）相互作用，黑色素形成，并沿酪氨酸酶细丝沉淀。

D 和 E：色素聚积（D），最后充满整个色素颗粒（E），这时酪氨酸酶分子就不再有活性了。成熟的黑色素颗粒（E 6）大小为 0.3—0.7 微米，并有很高的电子密度。

F. 以立体图象表示的黑色素小体由单位膜（F 1）包裹。螺旋状的酪氨酸酶分子（F 2）为黑色素（F 3）的形成所必需，黑色素随后就围绕着螺旋状酪氨酸酶分子聚积。

放大：A × 30,000；B—E × 36,000；F × 95,000

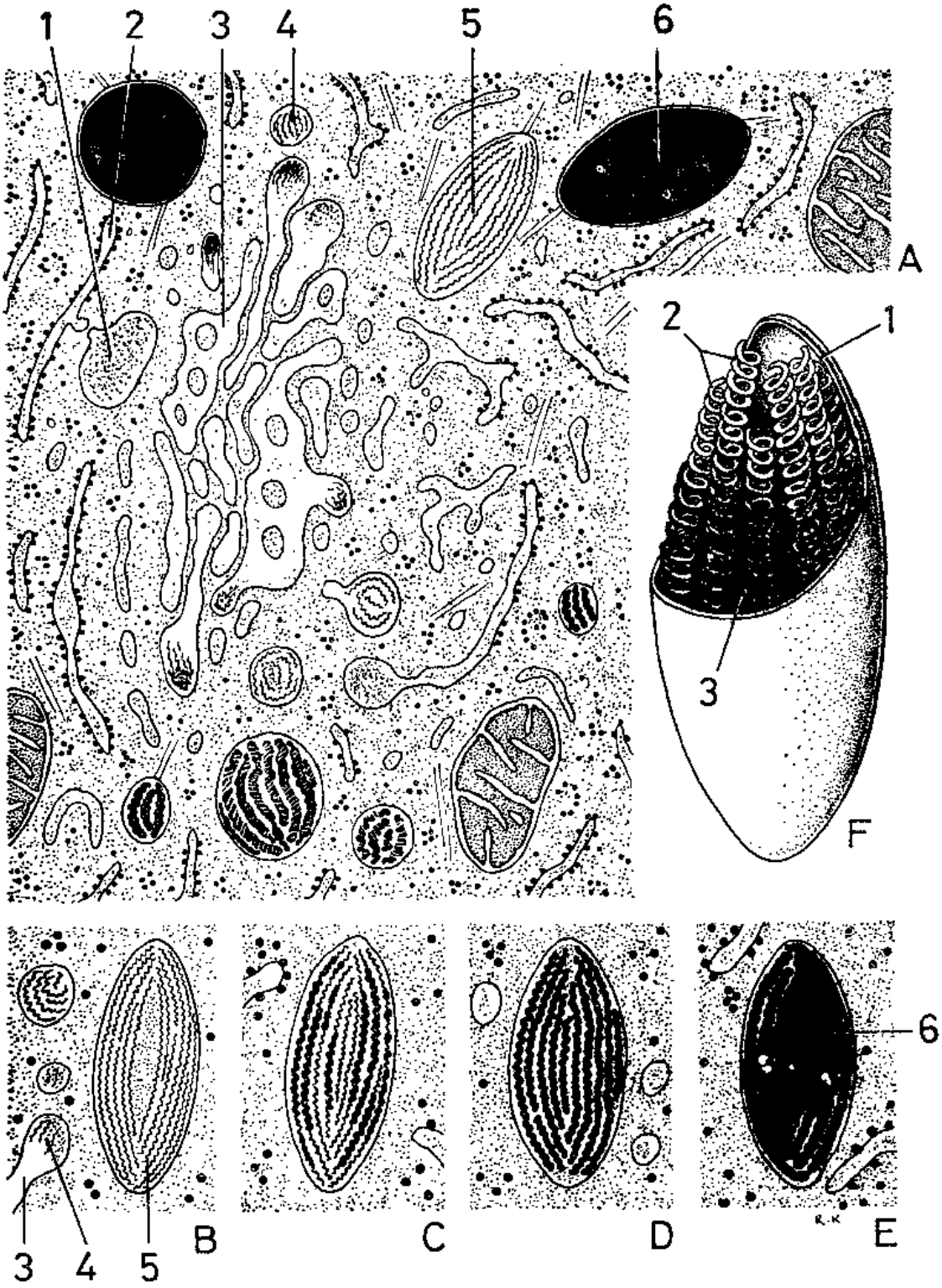
参　考　文　献

Hach, P., Borovanský, J.: Ultrastructure of melanosomes of different origin. *Folia Morphol.* (Praha) *20*, 82—84 (1972)

Maul, G., Brumbaugh, J. A.: On the possible function of coated vesicles in melanogenesis of the regenerating fowl feather. *J. Cell Biol. 48*, 41—48 (1971)

Petzoldt, D.: Die morphologische und funktionelle Organisation der Melanocyten in menschlicher Haut. *Hautarzt 18*, 481—488 (1967)

Poirier, J., Nunez-Dispot, C.: Le mélanocyte. I. Structure et ultrastructure. *Presse Méd. 76*, 1179—1181 (1968)


1
2
3
4
5
6
A
2
1
3
F
3
4
5
B
C
D
6
E

图版 76　色素。黑色素。（人虹膜的黑色素细胞）

A. 载有黑色素颗粒的另一些细胞是人虹膜的黑色素细胞，本图显示一个有几个突起的梭形细胞，它同成纤维细胞相似。尽管黑色素细胞与结缔组织细胞相似，但它们是起源于外胚层，并且具有合成黑色素的能力。其证据是有大量成熟的、致密的黑色素颗粒（A 1）和几个黑色素小体（A 2）存在。

B. 电镜放大显示黑色素颗粒（B 1）和黑色素小体（B 2）的超微结构细节类似于图版 75 所示。

放大：A × 21,000；B × 30,000

参　考　文　献

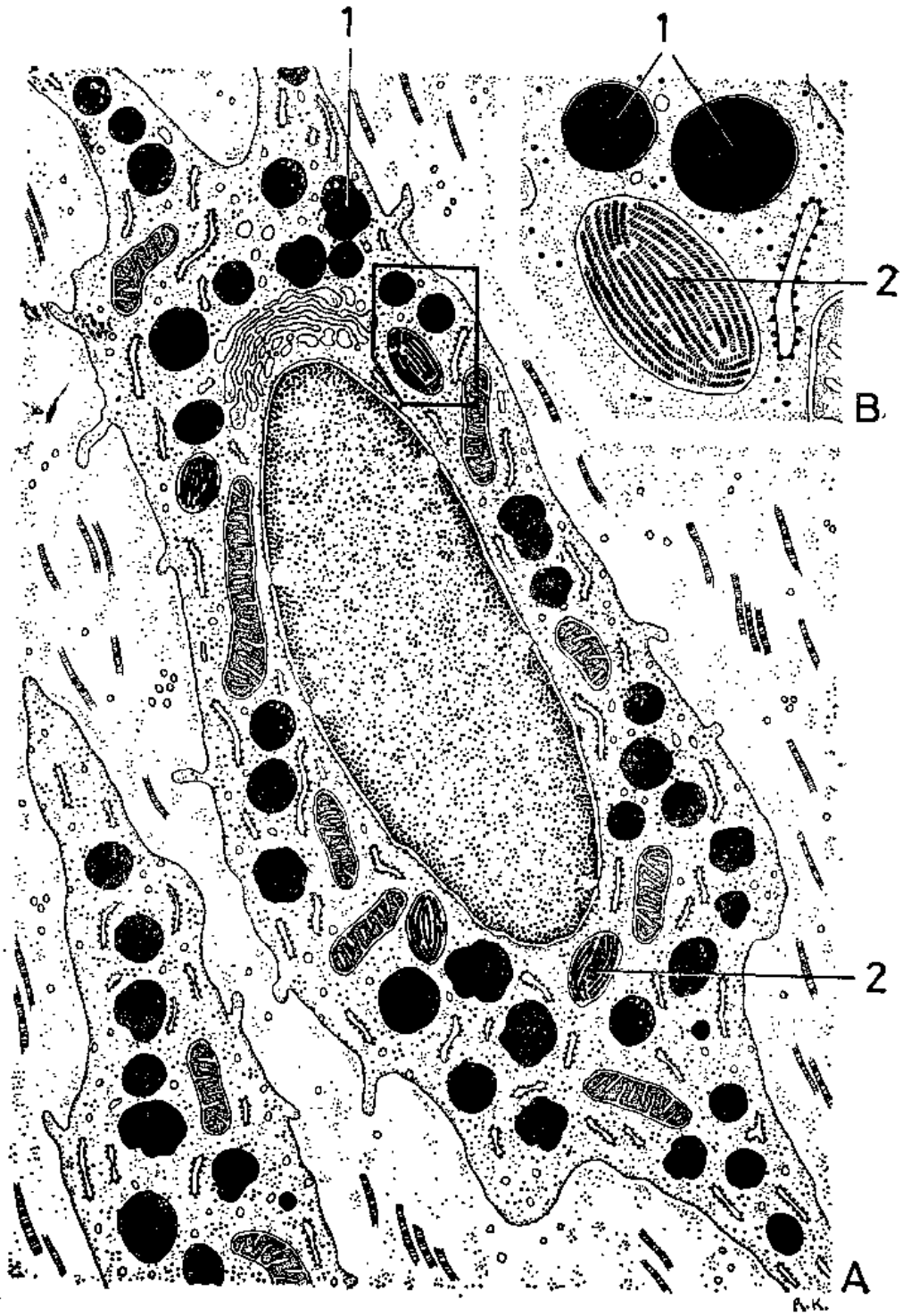
Borovanský, J., Hach, P., Duchon, J.: Melanosomes: An unusually resistant subcellular particle, *Cell Biol. Int. Rep. 1*, 549—554 (1977)

Hearing, V. J., Phillips, P., Lutzner, M. A.: The fine structure of melanogenesis in coat color mutants of the mouse. *J. Ultrastruct. Res. 43*, 88—106 (1973)

Hu, F., Endo, H., Alexander, N. J.: Morphological variations of pigment granules in eyes of the rhesus monkey. *Am. J. Anat. 136*, 167—182 (1973)

Jimbow, K., Takahashi, M., Sato, S., Kukita, A.: Ultrastructural and cytochemical studies of melanogenesis in melanocytes of normal human hair matrix. *J. Electron. Microsc.* (Tokyo) *20*, 87—92 (1971)

Toda, K., Fitzpatrick, T. B.: The origin of melanosomes. In: Biology of normal and abnormal melanocytes. Kawamura, T., Fitzpatrick, T. B., Seiji, M. (eds.), pp. 265—278. Baltimore, London, Tokyo: University Park Press 1971


1
1
2
B
2
A

图版 77　色素。脂褐素。（大鼠和豚鼠的各种细胞）

脂褐素颗粒大小达 2 微米，包有单位膜，它们含有脂滴（A 1—D 1）和一些嗜锇性的不规则形状的小颗粒及板层（A 2—D 2），它们可能是前述溶酶体（图版 58）消化过程中的剩余物。认为一些残余体至少和脂褐素颗粒相同，这种看法是正确的，特别是考虑到它们的形态学的和酶的相似性。

脂褐素被认为是衰竭色素，因为在新生儿缺乏，而年龄较大的个体其量就增多。脂褐素颗粒特别在十分活跃器官的高度分化的细胞内存在，例如心肌细胞、肝实质细胞和神经元。

脂褐素常常使器官呈黄色到浅棕色。

本图版表明各种细胞和各动物品种的脂褐素颗粒在形态学方面的相似性：A. 大鼠肝细胞，放大×32,000；B. 大鼠甲状旁腺细胞，放大×48,000；C. 大鼠肾单位的近曲小管细胞，放大×40,000；D. 豚鼠松果体细胞，放大×48,000

参　考　文　献

Björkerud, S.: The isolation of lipofuscin granules from bovine cardiac muscle with observations on the properties of the isolated granules on the light and electron microscopic levels *J. Ultrastruct. Res.* [Suppl.] 5, 1—47 (1963)

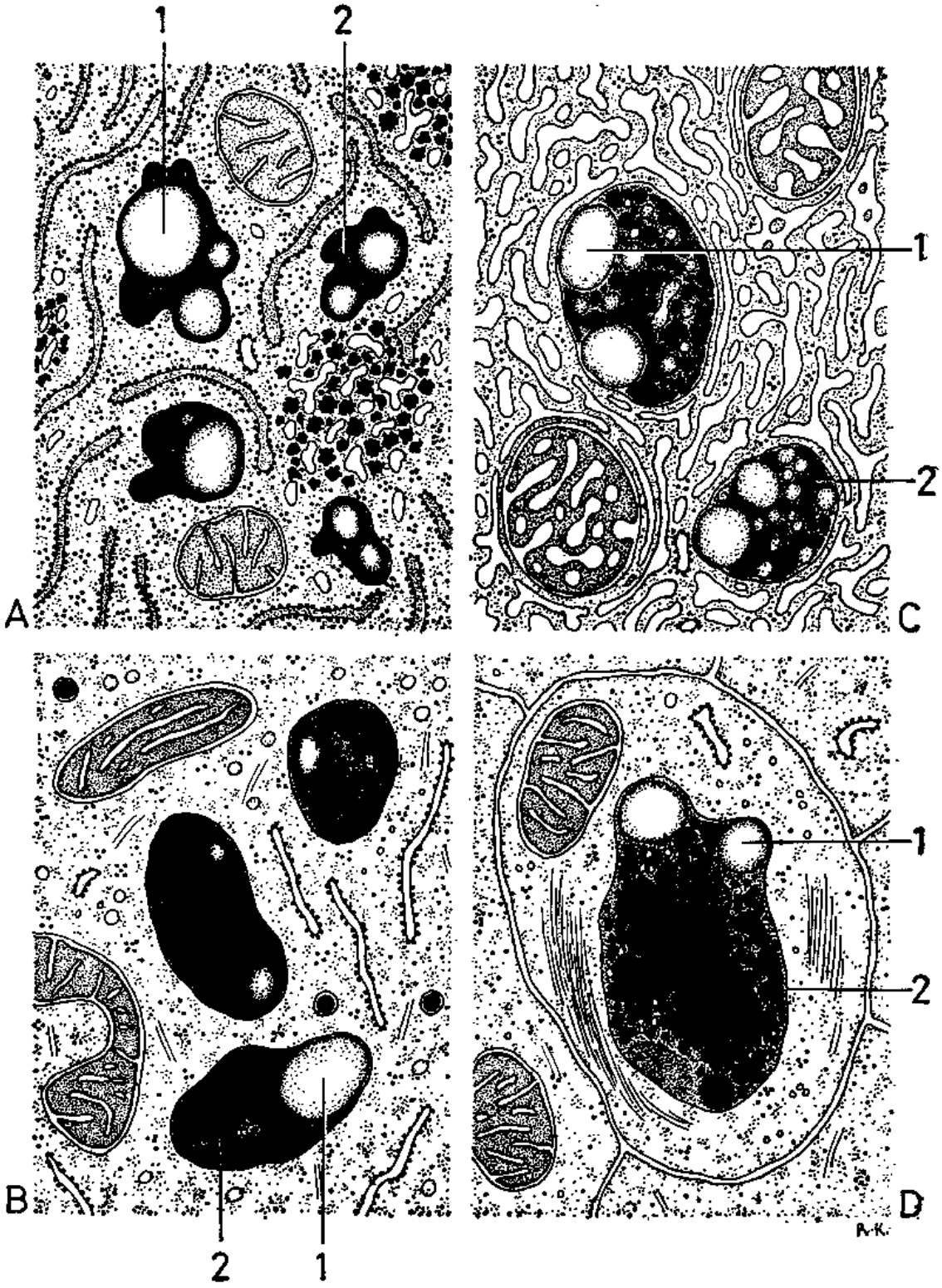
Brunk, U., Ericsson, J. L. E.: Electron microscopical studies on rat brain neurons. Localization of acid phosphatase and mode of formation of lipofuscin bodies. *J. Ultrastruct. Res. 38*, 1—15 (1972)

Cain, H., Kraus, B.: Lysosomale Pigmentablagerungen in der Niere alter Wistarratten. *Virchows Archiv Cell Pathol. 10*. 322—338 (1972)

Goldfischer, S., Bernstein, J.: Lipofuscin (aging) pigment granules of the newborn human liver. *J. Cell Biol. 42*, 253—261 (1969)

Malkoff, D., Strehler, B.: The ultrastructure of isolated and in situ human cardiac age pigment. *J. Cell Biol. 16*, 611—616 (1963)

Samorajski, T., Ordy, J. M., Rady-Reimer, P.: Lipofuscin pigment accumulation in the nervous system of aging mice. *Anat. Rec. 160*, 555—574 (1968)


1
2
A
1
2
C
B
2
1
1
2
D

图版 78　脂类(大鼠的棕色脂肪组织细胞)

脂类以小滴、脂泡或颗粒状而广泛存在于各种细胞，它们散布在细胞质内，代表高能物质的局部贮备。

A. 在棕色脂肪组织的细胞里，大线粒体(A 1)和均质脂泡 (A 2 和 B 2) 特别明显。它们是弱嗜锇性的，已经戊二醛-四氧化锇固定。

小脂滴由单位膜包围，而超过 1 微米的脂泡却只由细胞质基质包围。这些关系在 B 中更详细表明，在该处方框内的结构放得更大。

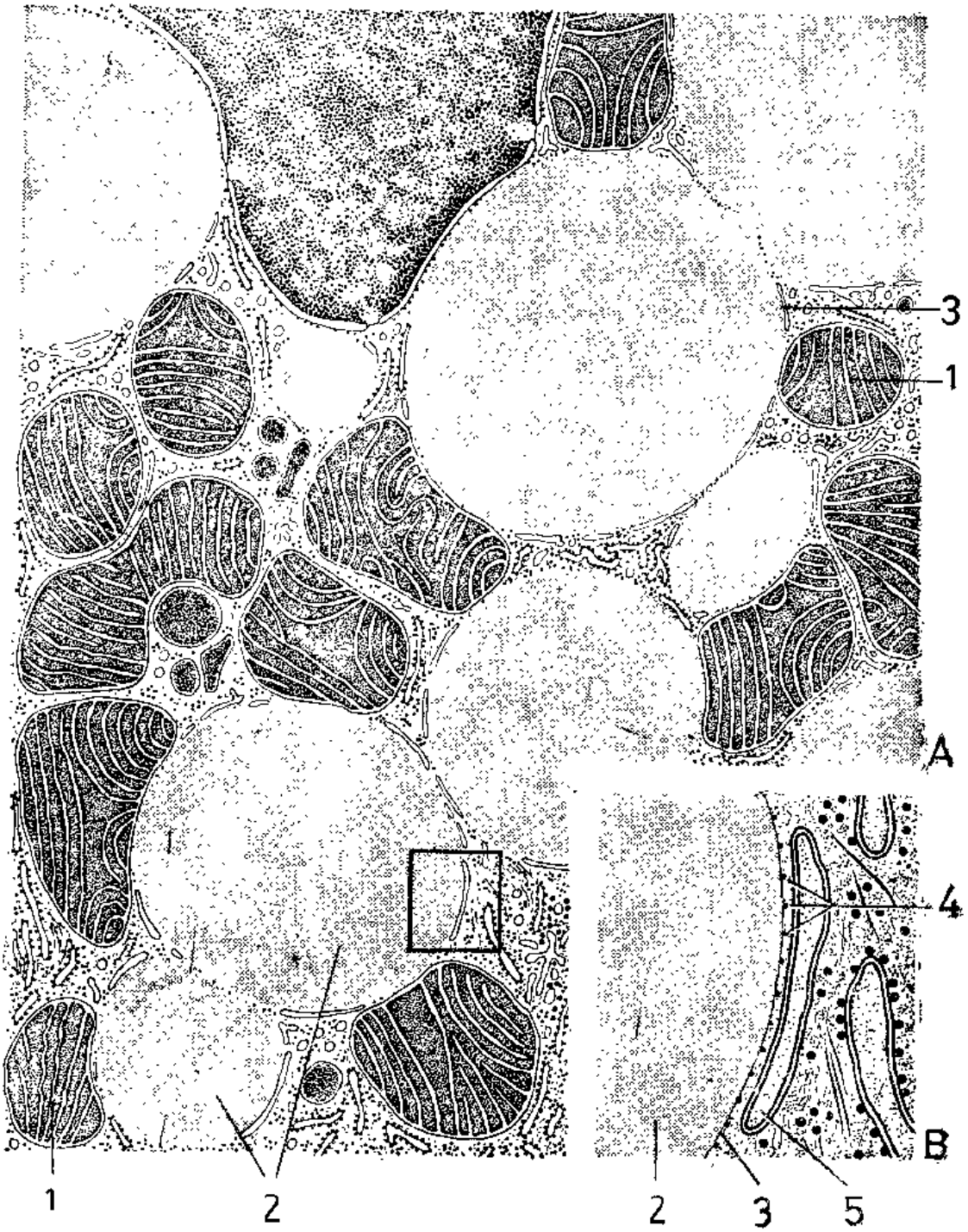
B. 脂泡“膜”实际上是由于用四氧化锇而人为造成的，它聚集成外围环形的带，厚 20—30 Å，细胞可能在四氧化锇上加了一层蛋白质。面向细胞质的脂泡表面显有微丝，粗为 80—100 Å(B 4)，其间距大约为 300 Å，它们被认为能阻止几个泡的联合。具有三层膜结构的滑面内质网 (B 5) 的小管非常靠近它。滑面内质网积极参与脂类的合成。与其富含脂泡相一致，棕色脂肪亦称多房 (multilocular) 脂肪组织。它的产热功能极为重要，特别是对于冬眠动物。和白色脂肪细胞不同，棕色脂肪细胞同神经末梢直接接触。

放大：A × 26,000；B × 95,000

参　考　文　献

Barnard, T.: The ultrastructural differentiation of brown adipose tissue in the rat. *J. Ultrastruct. Res.* 29, 311—332 (1969)

Wood, E. M.: An ordered complex of filaments surrounding the lipid droplets in developing adipose cells. *Anat. Rec. 157*, 437—448 (1967)


3
1
A
1
4
B
1
2
2
3
5

图版 79　脂类(大鼠的白色脂肪组织细胞)

白色脂肪组织或单房脂肪组织的细胞主要负责脂类的产生和细胞内贮存。A是几个脂肪细胞的光镜观察。其中一个(方框内)被电镜放大显示在B中。

和棕色脂肪不同,白色脂肪组织细胞中的脂滴发生联合,形成单独一个弱嗜锇而明显均质的脂泡 (A 1 和 B 1)。它们占据很大的空间,把核 A2 和 B2 挤到了细胞的周边。

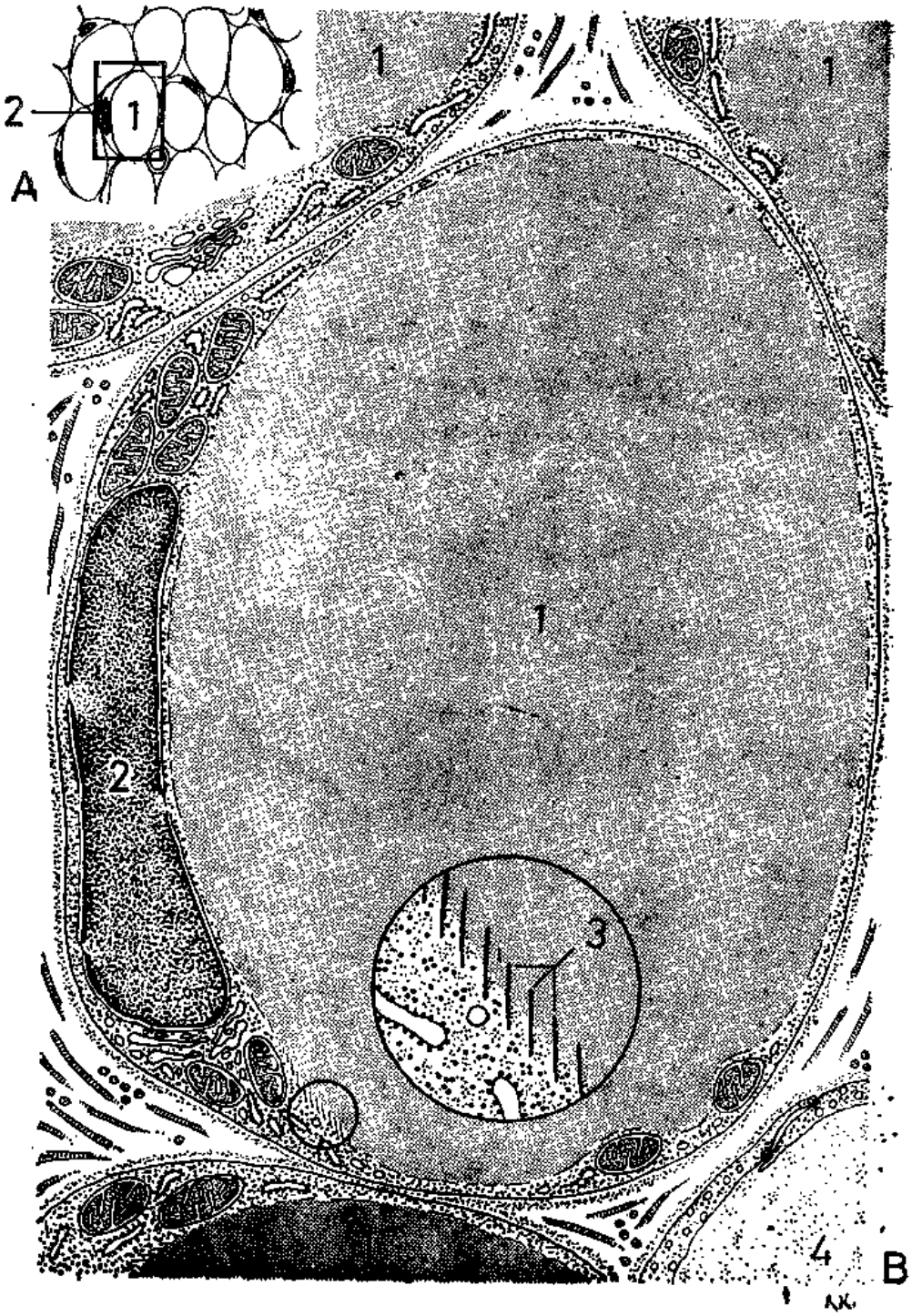
圆形插图显示脂泡壁的详细构造，脂泡和胞质基质之间的分界是由平行排列的间隔为 200～300 Å (图版 78)的微丝 (B 3) 来加强的。

注意右下方的毛细血管 (B 4)。

放大: A × 150; B × 7,000; 圆形插图×70,000

参　考　文　献

Napolitano, L.: The differentiation of white adipose cells. *J. Cell Biol. 18*, 663—679 (1963)


A
2
1
1
1
1
2
3
4
B

图版 80　脂类。图版 79 脂肪细胞的立体图象

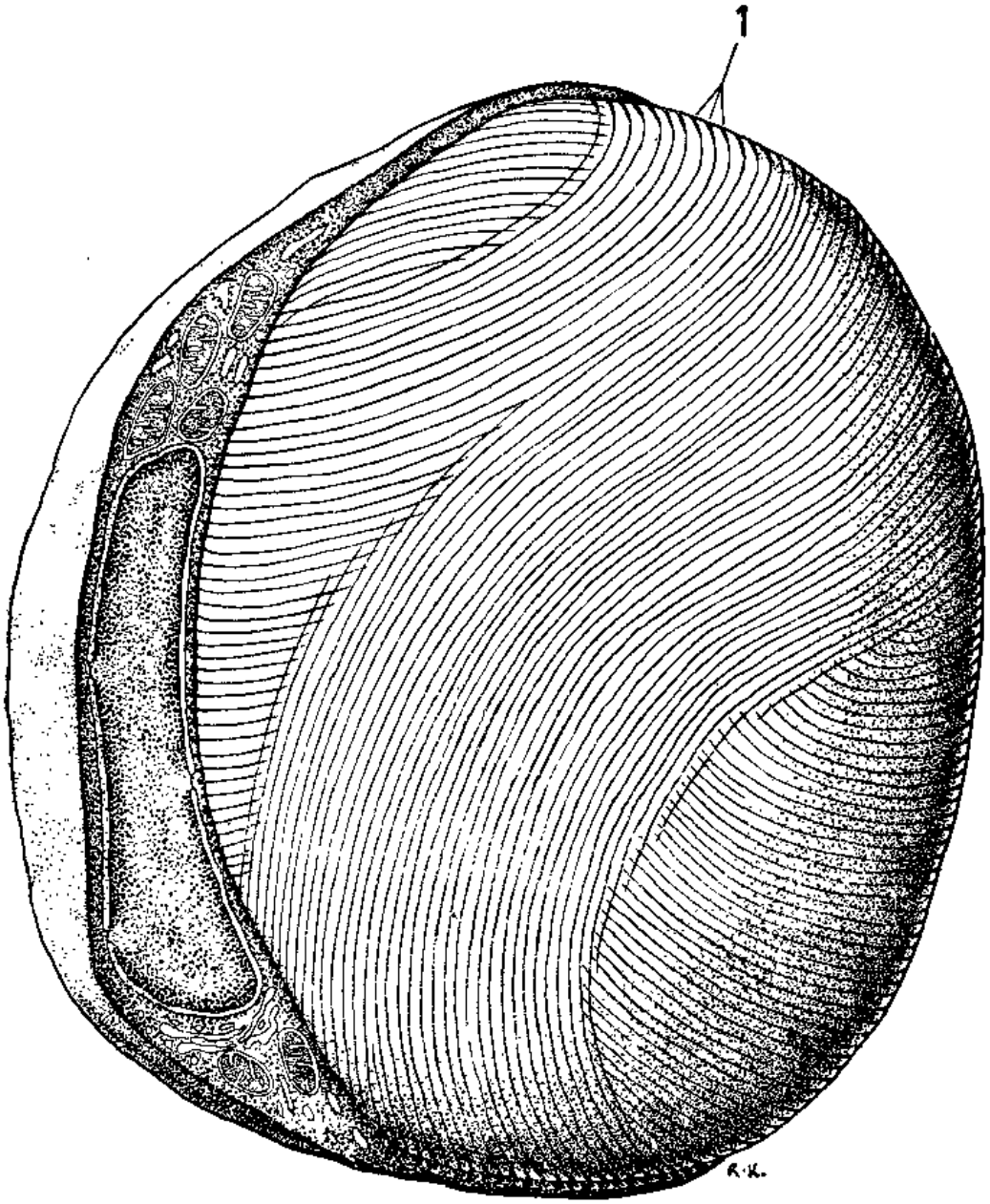
为了从外面显示脂泡，并说明其球形状态，此图版省略了半面的细胞和细胞核。平行排列的微丝(1)呈网篮状，包裹并加强脂块。

放大：×7,000

参　考　文　献

Imaizumi, M.: On the fine structure of the surface of lipid droplets in adipose cells. *Arch. Histol. Jpn.* *30*, 353—365 (1969)

Slavin, B. G.: The cytophysiology of mammalian adipose cells. *Int. Rev. Cytol. 33*, 297—334 (1972)


1
R·K.

图版 81　结晶体(人睾丸 Leydig 间质细胞)

另一些副质结构是人睾丸间质细胞中的 Reinke 结晶体。

A. 表示位于曲细精管 (A 2) 和毛细血管 (A 3) 之间的一群间质细胞 (A 1)。方框区用电镜放大显示于 B 中。

B. 蛋白质性的 Reinke 结晶体没有膜。它们以各种几何图形出现，可达 5 微米长和 3 微米宽，偶而有宽约 200 Å 的胞质基质区把相邻的结晶体 (箭头) 分开。纵切面(B 1)显示晶格周期为 100～110 Å。在横切面上(图版 20)呈明显的六角形结构。而在斜切面上，则是斜方形 (B 2) 式样。

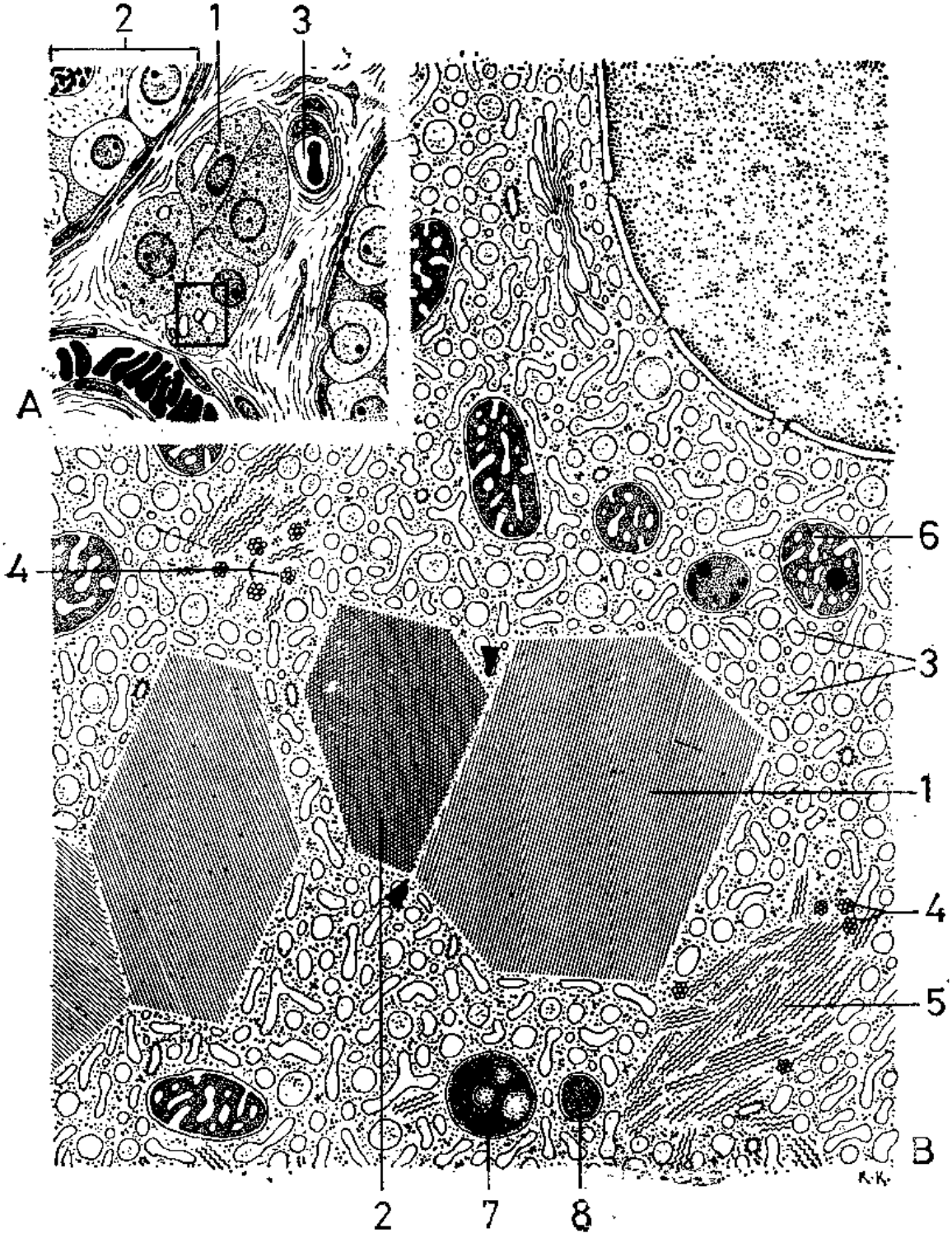
靠近结晶体和在滑面内质网 (B 3) 诸小管之间是六角形玫瑰花形的 (B 4) 和大量波状的丝 (B 5)。据推测，结晶体是由这些结构结合形成的。

此外，细胞还含有带小管的线粒体 (B 6)、几个次级溶酶体 (B 7) 和过氧化物酶体 (B 8)。Leydig 间质细胞中的 Reinke 结晶体的功能意义仍不清楚。

放大：A × 1,200；B × 32,000

参　考　文　献

Nagano, T., Ohtsuki, I.: Reinvestigation of the fine structure of Reinke's crystal in the human testicular interstitial cell. *J. Cell Biol.* *51*, 148--161 (1971)


2
1
3
A
4
6
3
1
4
5
B
2
7
8

III. 细 胞 表 面

图版 82　细胞膜或质膜(大鼠的空肠上皮)

质膜(1)是一层弹性薄膜,把细胞与细胞外间隙分开。这层膜的选择性和半透性决定了细胞和其周围环境之间的相互关系。尤其是,它还具有交换代谢物质和感受刺激的功能。细胞膜结合了许多酶,以及识别其它细胞和激素的受体。用光镜检查,质膜仅可通过染料沿其表面沉积而证实。在空肠上皮,质膜表面呈一条直线。但是,即使低倍电镜放大都足以揭示质膜的曲折的行程。相邻细胞的嵌合增加了细胞的表面积,加强了细胞的联合。

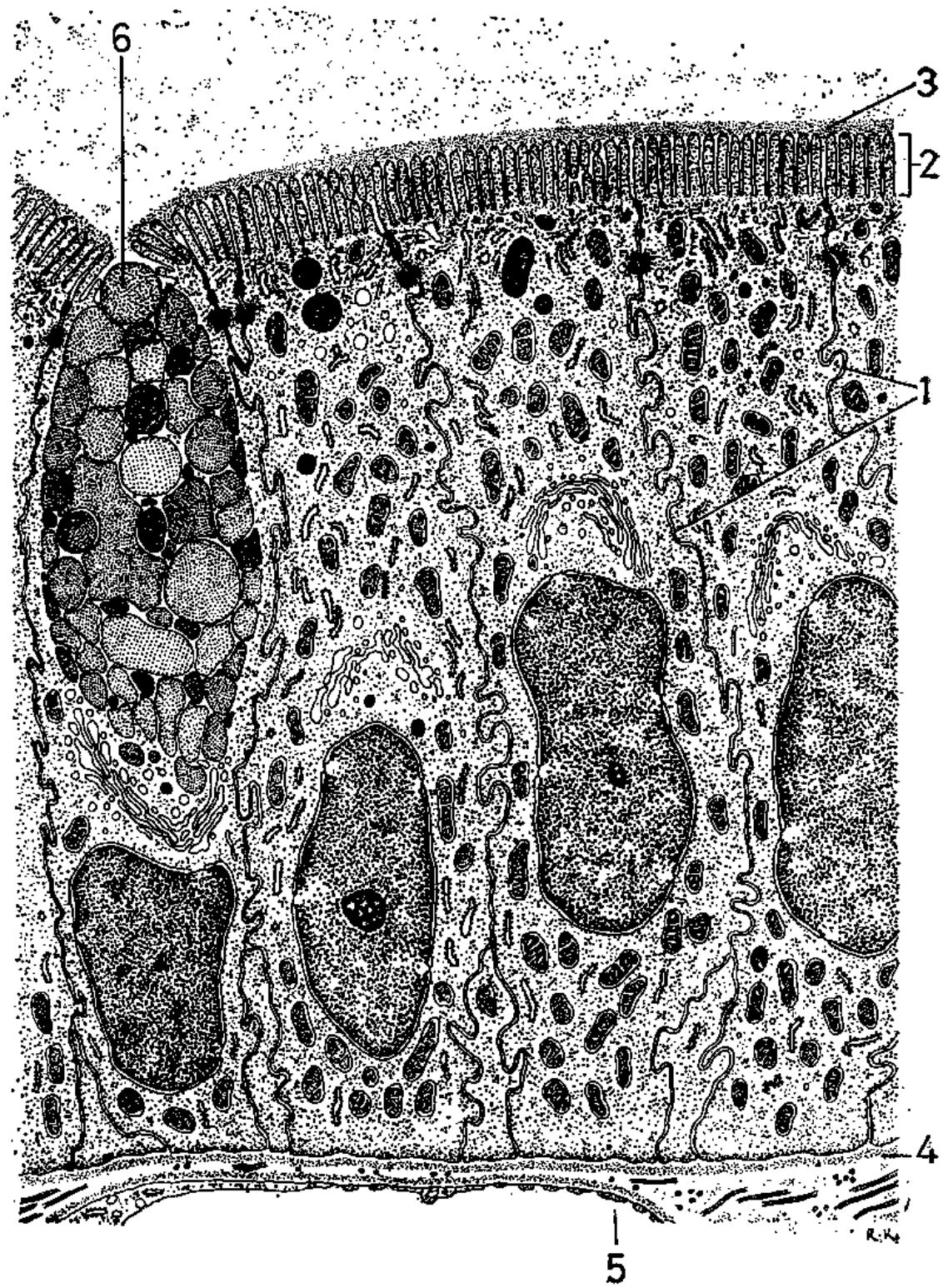
在电镜下,可见质膜是一条嗜锇的线,宽 100 Å。本图版是显示质膜在细胞上极或顶极形成稳定的指状突起,即微绒毛(2)。它们被细微颗粒层——糖盏(3)覆盖。在细胞的下面是基板(4)和毛细血管(5)。后者也被一层基板围绕。图的左边显示一个杯状细胞(6),含有许多各种各样的嗜锇颗粒。这种细胞的功能是制造和分泌粘多糖保护层。

放大: ×4,500

参　考　文　献

Moores, G. R., Partridge, T. A.: The cell surface. In: The cell in medical science. Beck, F., Lloyd, J. B. (eds.), Vol. 1. pp. 75—104. London. New York: Academic Press 1974

Weiss, L.: The cell periphery. *Int. Rev. Cytol.* 26, 63—105 (1969)


6
3
2
1
4
5

图版 83　细胞膜(大鼠的甲状旁腺细胞)

质膜超微结构的细节在高倍电镜下方能显示出来。

细胞膜(1)由两层嗜锇的蛋白质层组成,每层宽约 25—35 Å,夹着一层等宽而浅淡的双分子脂类层,但后者仅见呈单线状。呈现这样结构特征的膜就叫做基本膜或单位膜。注意深陷的质膜内褶(2)和甲状旁腺细胞之间的嵌合。粗面内质网(3)膜的结构也符合单位膜的同一原理。细胞间隙(4)的宽度变动于 150—250 Å 之间。

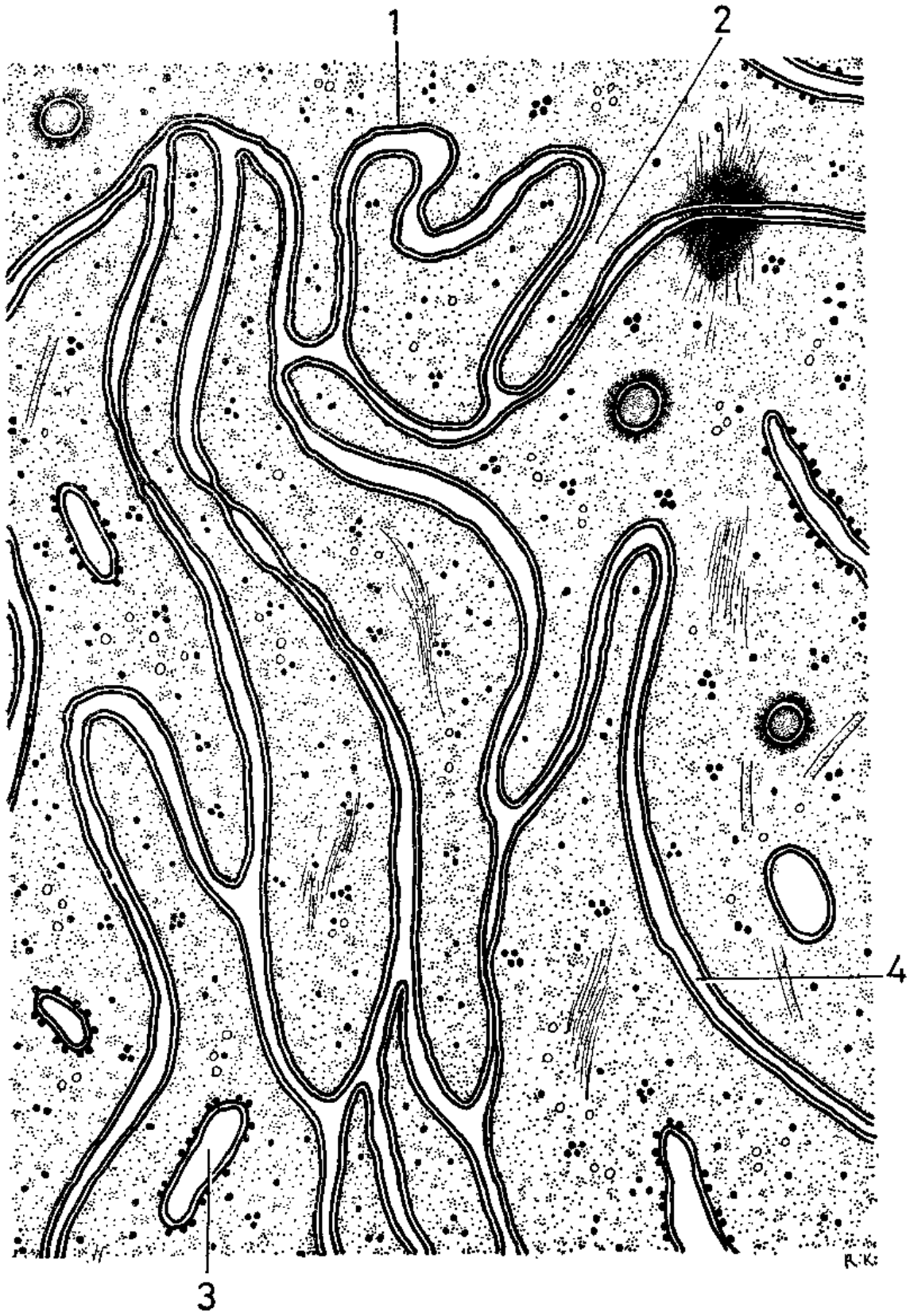
放大: ×130,000

参　考　文　献

Mühlethaler, K.: Studies on freeze-etching of cell membranes. *Int. Rev. Cytol.* 31, 1—19 (1971)

Stoeckenius, W., Engelmann, D. M.: Current models for the structure of biological membranes. *J. Cell Biol.* 42, 613—646 (1969)

Yamamoto, T.: On the thickness of the unit membrane. *J. Cell Biol.* 17, 413—421 (1963)


1
2
3
4
R.K.

图版 84　细胞膜。三层结构

根据较老的概念，细胞膜由两层连续的蛋白质层（A 1）和一层插入的双分子脂类层（A 2）组成。脂类分子有一亲水极（A 2a）和一疏水极（A 2b）；疏水分子基团重叠。用四氧化锇固定，锇原子（B 和 C，Os）被沉积在蛋白质层内和脂类分子的各亲水部分之间。用电镜观察，可见在大致等厚的亮层的两边，各有一层暗层（C，灰色区），均厚约 25—35 Å。这是单位膜的典型结构。

线粒体（图版 18、22 和 26）、高尔基器（图版 29 和 31）、粗面和滑面内质网（图版 45 和 47）、溶酶体（图版 47 和 56）和过氧化物酶体（图版 56）的膜结构原理都是相同的。但是，这些基本膜的厚度，定量和定性的分子组成，还有它们的功能都随细胞器的种类不同而各异。极高的分辨率（D）揭示了在基本膜的两层深暗的蛋白质层内有较亮的区域（D1），以及在明亮的脂类层中有暗区（D 2）。这些可能是细胞膜球状结构的表现。

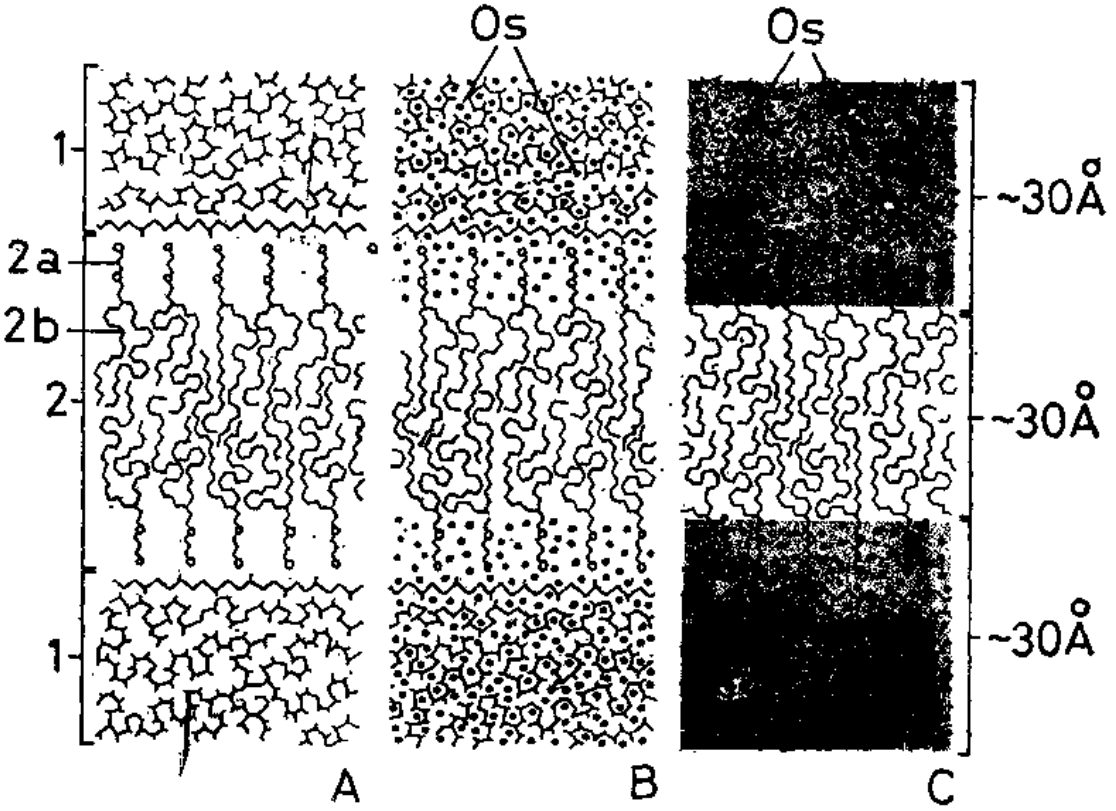
参　考　文　献

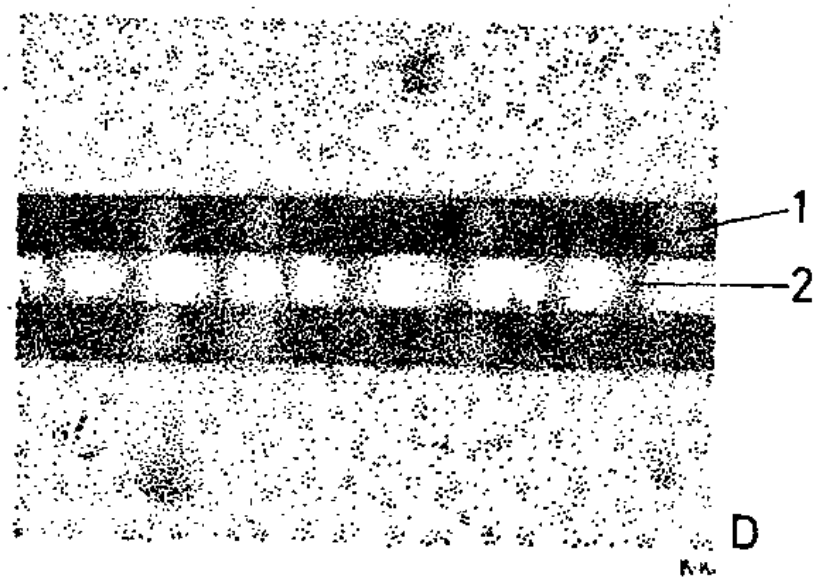
Di Stefano, H. S.: Corpuscular and trilaminar appearance of cultivated chick embryo fibroblast plasma membranes. *Z. Zellforsch.* 72, 157—167 (1966)

Lucy, J. A.: Membranes and trans-membrane transport. In: The cell in medical science. Beck, F., Lloyd, J. B. (eds.), Vol. 1, pp. 39—74. London, New York: Academic Press 1974

Orci, L., Perrelet, A., Malaisse-Lagae, F., Vassalli, P.: Porelike structures in biological membranes. *J. Cell Sci.* 25, 157—161 (1977)

Sjöstrand, F. S.: A comparison of plasma membrane, cytomembranes, and mitochondrial membrane elements with respect to ultrastructural features. *J. Ultrastruct. Res.* 9, 561—580 (1963)


Os
Os
1
2a
2b
2
1
~30Å
~30Å
~30Å
A
B
C


1
2
D

图版 85　细胞膜。冷冻蚀刻后的外貌和分子结构的假设模型

[引自 Fox, 1972, and Singer and Nicolson, 1972]

A. 借助于冷冻蚀刻技术，已能证明基本膜含有球状蛋白（A 1）。

被冷冻劈裂的细胞膜有两个面：P 面（从前叫 A 面）分布着许多颗粒，偶尔成群，直径 80—90 Å；而 E 面（从前叫 B 面）显示类似的，但较少的颗粒和小的凹坑（A 2）。P 面是质膜内片（或质膜的胞质片）（A 3）的裂面，而质膜外片（A 4）的裂面面对细胞质，属基本膜的 E 半部分。P 面和 E 面是互补的。

在冷冻碎裂过程中，劈裂面沿脂类层（A 5）中间穿过。一些球状蛋白复合体（B 4）的破裂（箭头）大概产生在质膜 P 片和 E 片上所见到的颗粒。

B. 根据近年来的观察，已提出一个新的基本膜模型：液态双分子脂类层（B 1）以其疏水基（B 2）连接在一起，小圆球代表亲水（极）的分子基（B 3），结构蛋白和酶蛋白的球形颗粒（B 4）被包埋其中，或贯穿脂类层，并构成一定的功能复合体（B 5）。本模型解释了基本颗粒在染色上的不规则性（图版 84D），以及在冷冻蚀刻（A）后与膜相连的颗粒的来源。这是根据以下概念：基本膜是功能单位的一种动力镶嵌，即流动镶嵌模型。

放大：A × 500,000；B × 3,000,000

参　考　文　献

Flower, N. E.: Particles within membranes: A freeze-etch view. *J. Cell. Sci.* 9, 435—441 (1971)

Flower, N. E.: Complementary plasma membrane fracture faces in freezeetch replicas. *J. Cell Sci.* 12, 445—452 (1973)

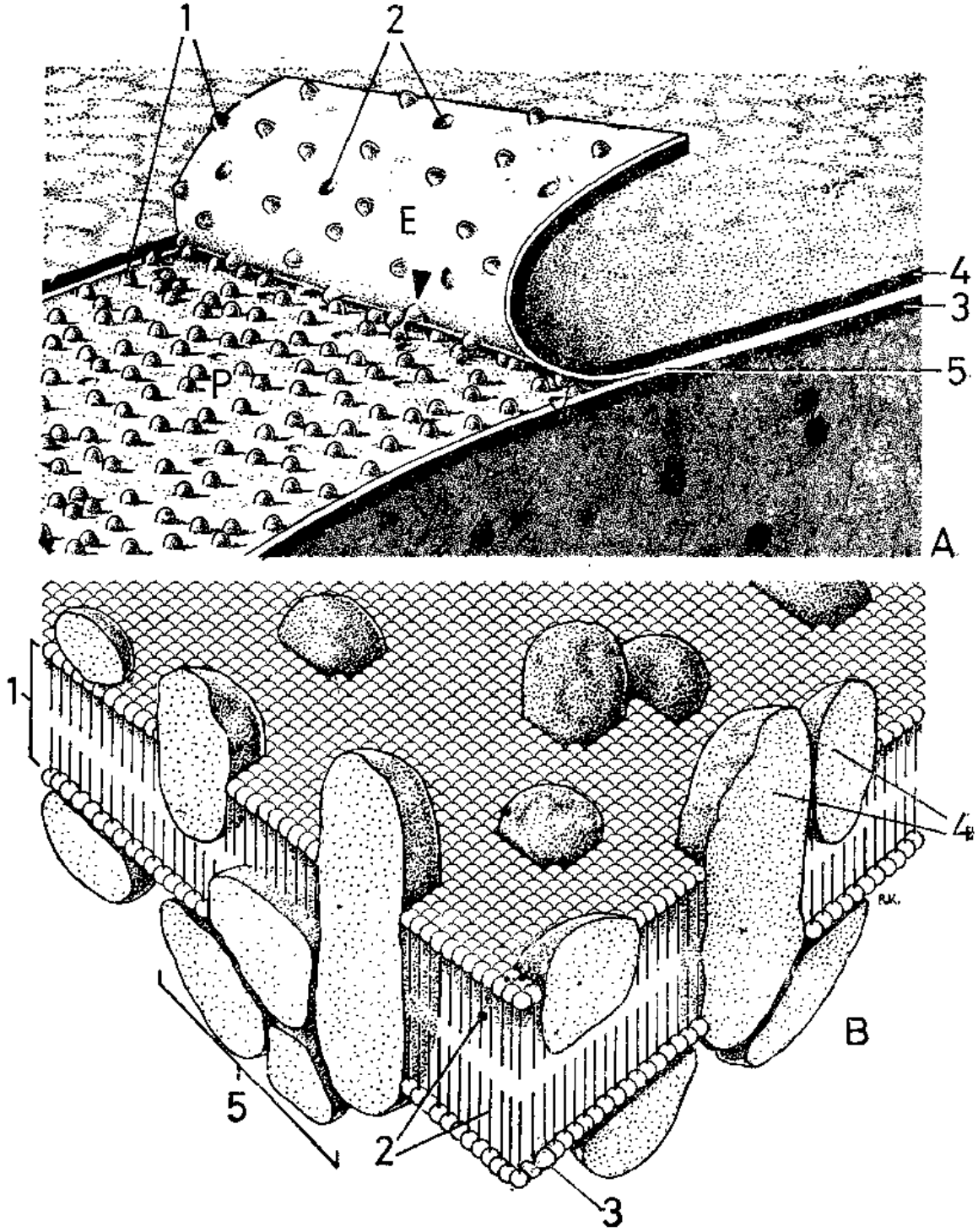
Fox, C. F.: The structure of cell membranes. *Sci. Am.* 226, 30—48 (1972)

Lickfeld, K. G., Achterrath, M., Hentrich, F.: The interpretation of images of cross fractured frozen-etched and shadowed membranes. *J. Ultrastruct. Res.* 38, 279—287 (1972)

Pinto da Silva, P., Branton, D.: Membrane splitting in freeze-etching. *J. Cell Biol.* 45, 598—604 (1970)

Singer, J. S., Nicolson, G. L.: The fluid mosaic model of the structure of cell membranes. *Science* 175, 720—731 (1972)

Stockinger, L., Kerjaschki, D.: Zum Aufbau der Zellmembranen: Methoden und Konzepte. Wien. *Klin. Wochenschr.* 87, 709—716 (1975)


1
2
E
4
3
P
5
A
1
4
B
5
2
3

图版 86　细胞膜。周围神经系统的髓鞘形成图解

神经纤维的髓鞘是胶质细胞细胞质膜的产物。胶质细胞在周围神经系统是雪旺氏细胞，在中枢神经系统是少突神经胶质细胞。

髓鞘形成从轴突（A 1）贴附（A，长箭头）到雪旺氏细胞（A 2）上开始，很快轴突进入细胞，在内陷处形成一双层质膜，即外轴系膜（B—D3）。轴突在几点上（B，箭头）附着到细胞膜上后，它和(或)雪旺氏细胞开始旋转（B—D），产生髓磷脂的螺旋鞘（C 4），分割胶质细胞的细胞质（A—D 2）。

在晚期，髓鞘层彼此接触更紧（D 4），面向细胞质的胶质质膜层融合，形成一条粗深线（D 5），插入其中的细浅线，或期内线（D 6）是雪旺氏细胞膜的外层。髓鞘磷脂的产生总是涉及内轴系膜（D 7）的形成。

显示出的膜均为单位膜。

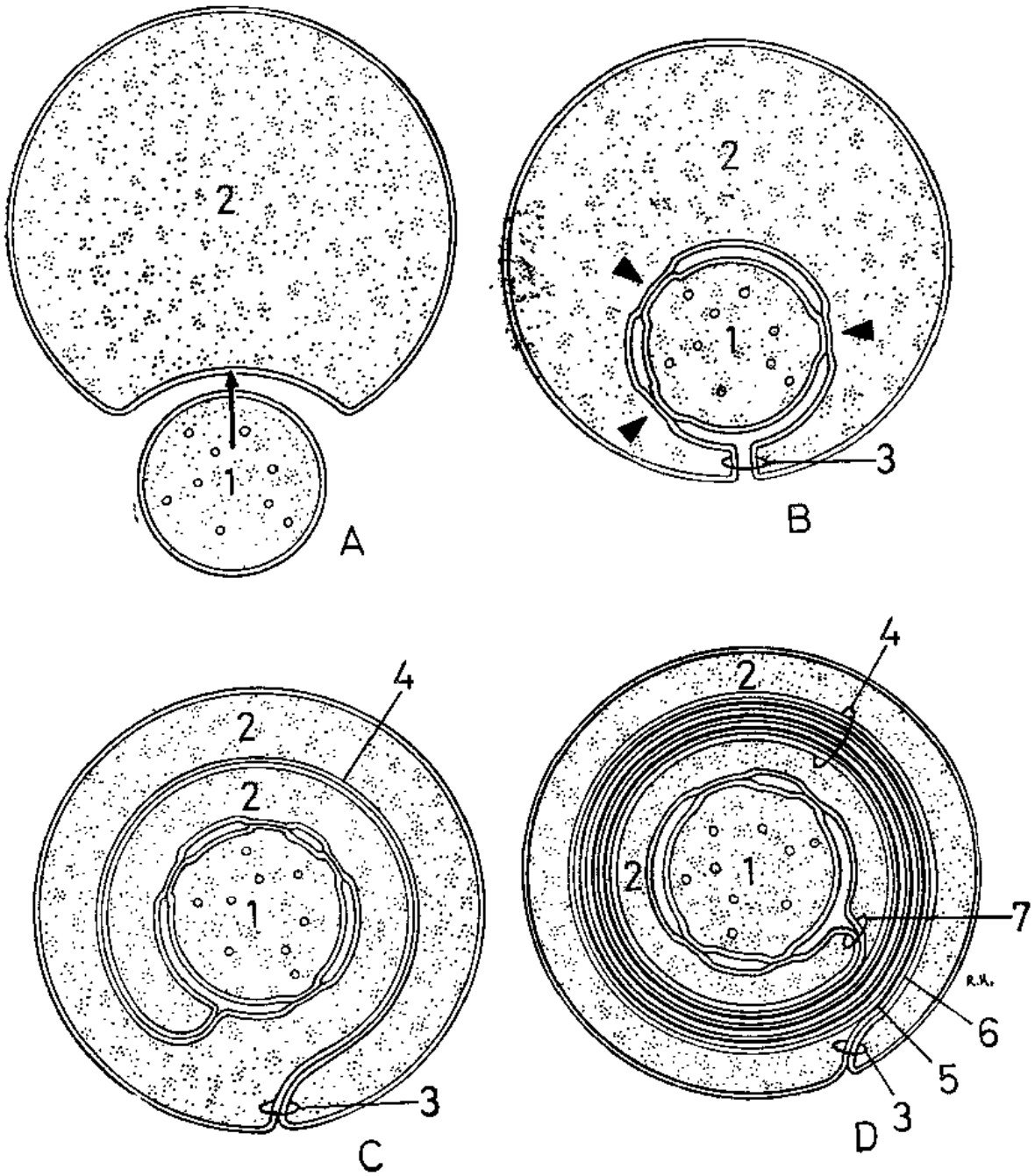
参　考　文　献

Geren, B. B.: The formation from the Schwann cell surface of myelin in the peripheral nerves of chick embryos. *Exp. Cell Res.* 7, 558—562 (1954)

Peters, A.: The structure of myelin sheaths in the central nervous system of Xenopus laevis (Daudin). *J. Biophys. Biochem. Cytol.* 7, 121—126 (1960)

Peters, A., Vaughn, J. E.: Morphology and development of the myelin sheath. In: Myelination. Davison, A. N., Peters, A. (eds.), pp. 3—79. Spring-field: Thomas, 1970

Webster, H. DE F.: The geometry of peripheral myelin sheaths during their formation and growth in rat sciatic nerves. *J. Cell Biol.* 48, 348—367 (1971)


2
1
A
2
1
3
B
4
2
2
1
3
C
4
2
2
1
7
R.M.
6
5
3
D

图版 87　有髓和无髓神经纤维(大鼠的坐骨神经)

一个雪旺氏细胞（左上 1）被髓鞘 (2) 占据了大部分，后者围绕着一条轴突或轴柱 (3)。高脂类含量使四氧化锇固定后的髓鞘电子密集，以致低倍电镜放大不足以分辨髓鞘的膜层。

小圆圈部分高倍显示于右上插图。注意外轴系膜(4)以及粗深线(5)和期内线 (6) 的形成(图版 86, D)。轴突以其自身的质膜，或轴膜 (7) 与雪旺氏细胞分开。一个窄的间隙(箭头)把轴膜与胶质细胞膜(8)分隔开。在周围神经系统和中枢神经系统内，髓鞘都是快速传导的轴突的特征。

在右下方有一个雪旺氏细胞(1)，不像上方那个雪旺氏细胞，它具有几条无髓轴突(3)，每条都有一片轴突系膜(4)。所有的雪旺氏细胞都被一层基板(9)包绕。神经内膜(10)的间隙内含有一些胶原微纤维(11)。

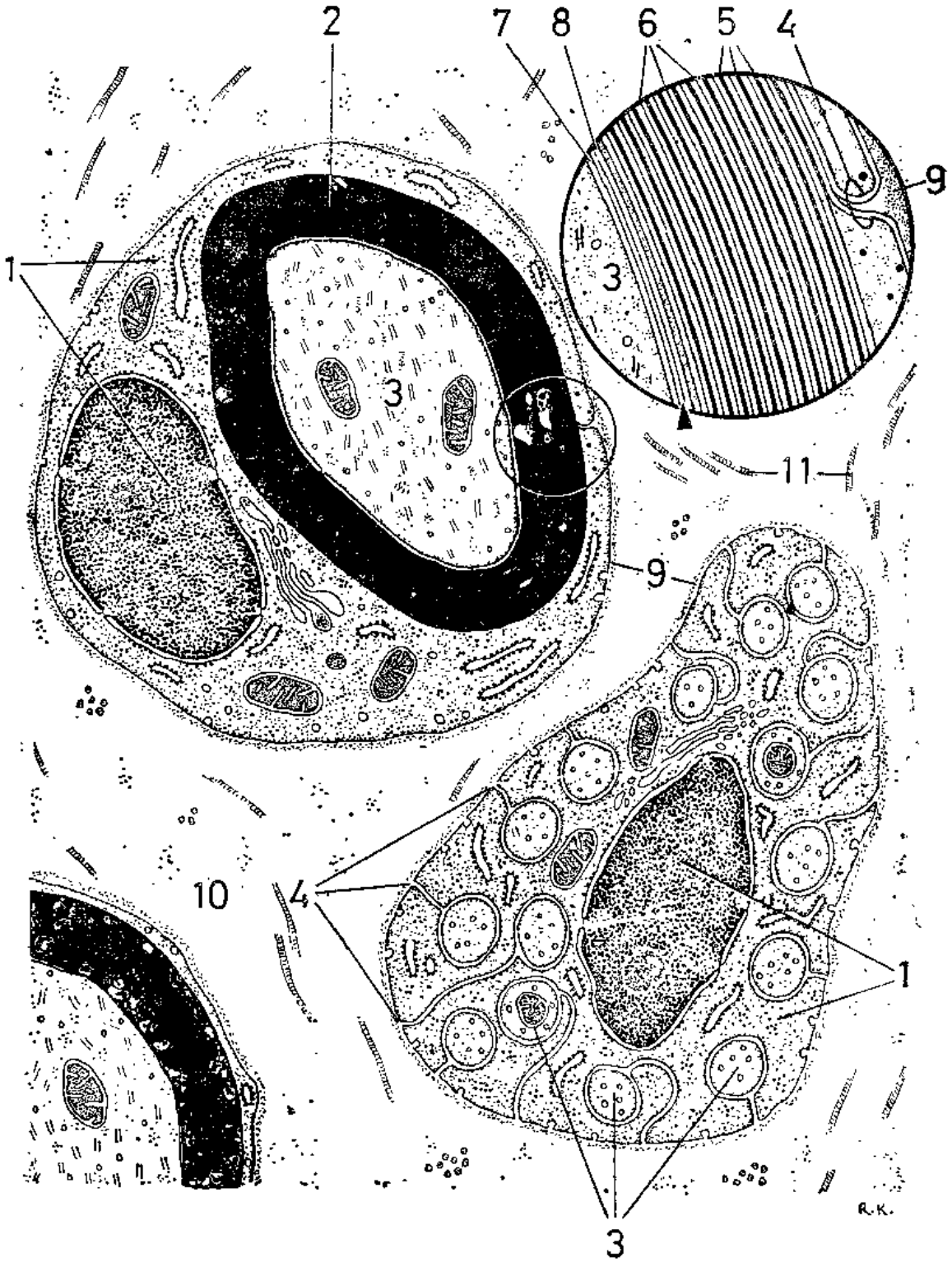
放大：×30,000；插图×110,000

参　考　文　献

Bischoff, A., Moor, H.: Ultrastructural differences between the myelin sheaths of peripheral nerve fibers and CNS white matter. *Z. Zellforsch.* 81, 303—310 (1967)

Martin, J. R., Webster, H. de F.: Mitotic Schwann cells in developing nerve: Their changes in shape, fine structure and axon relationships. *Dev. Biol.* 32, 417—431 (1973)

Revel, J. P., Hamilton, D. W.: The double nature of the intermediate dense line in peripheral nerve myelin. *Anat. Rec.* 163, 7—16 (1969)


2
7
8
6
5
4
9
1
3
11
9
10
4
1
3
R.K.

图版 88　有髓和无髓神经纤维的模式立体图象

A. 一条有髓神经纤维的雪旺氏细胞（A 1）。具有神经小管（A 3）和神经丝（A 4）的轴突（A 2）被包在髓鞘（A 5）内。箭头指示轴突进入的界线，它标志着外轴系膜（A 6 和 B 6）的起始和髓磷脂层形成的由来。为了把这些结构表示得更清楚，部分髓鞘被除去。一个单独的雪旺氏细胞只含有一条轴突和髓鞘。

相邻雪旺氏细胞的界限在郎飞氏结（A 7），此处两个细胞的质膜形成许多指状突起（A 8），并留下窄隙，轴突的膨大部分（A 9）伸入其中。

B. 一条无髓神经纤维的雪旺氏细胞（B 1）。它包含几条轴突（B 2）。从立体观，它们的轴系膜（B 6）好像接缝（箭头）。注意有几条轴突并不是完全浸没在雪旺氏细胞内的，它们叫做裸轴突（B 10）。

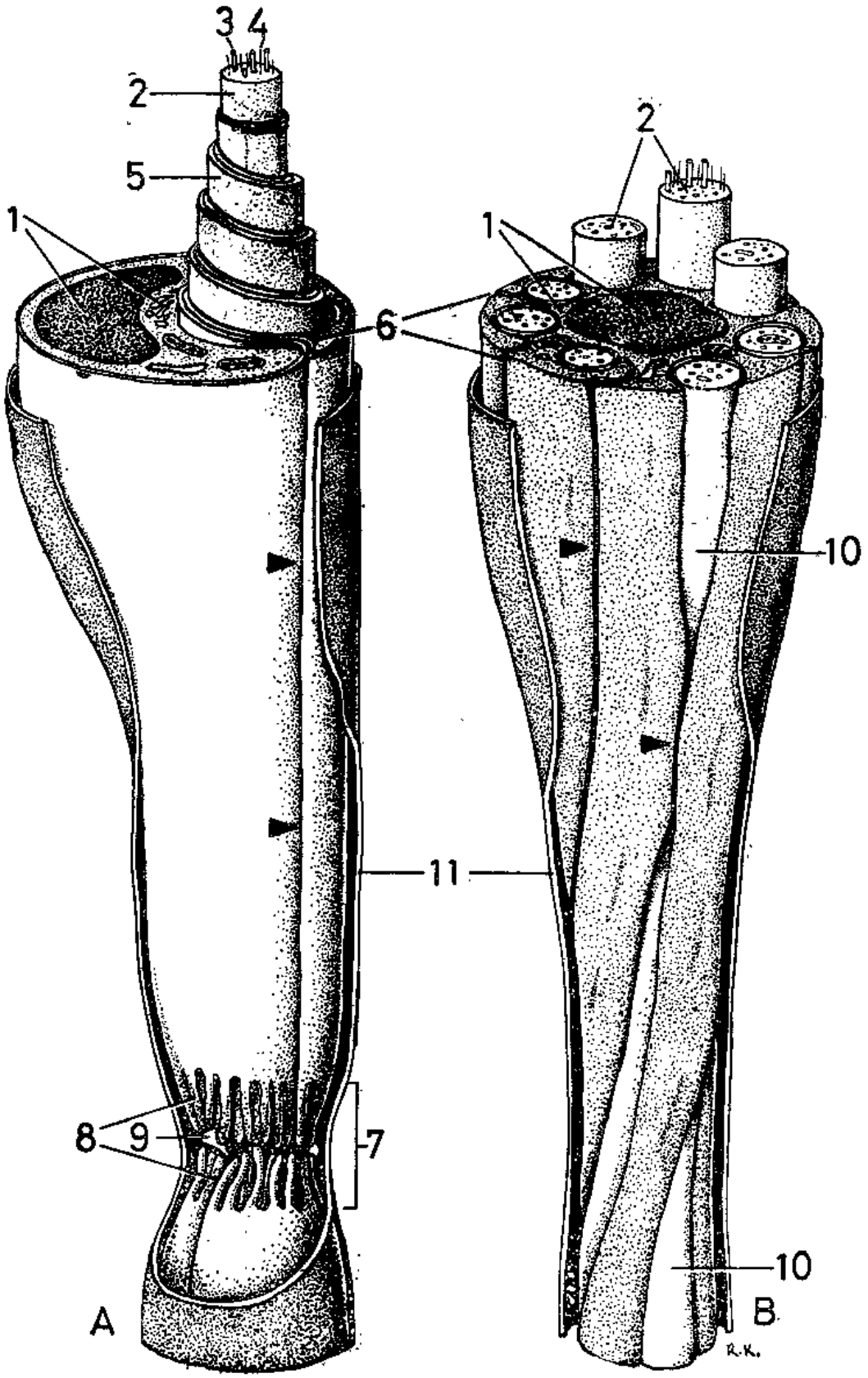
两种神经纤维都被一层基板（A11 和 B11）包围。

放大：A 和 B × 12,000

参　考　文　献

Livingstone, A.: Microtubules in myelinated and unmyelinatd axons of rat sciatic nerve. *Cell Tissue Res* 182, 401—407 (1977)

Livingstone, R. B., Pfenninger, K., Moor, H., Akert, K.: Specialized paranodal and interparanodal glial-axonal junctions in the peripheral and central nervous system: A freeze-etching study. *Brain Res.* 58, 1—24 (1973)


3
4
2
5
1
6
11
8
9
7
A
2
1
10
10
B
R.K.

图版 89　细胞膜。中枢神经系统的髓鞘形成。立体图象

在中枢神经系统，少突神经胶质细胞(1)负责产生髓鞘。这些细胞有一个或多个呈膜片状(2)的细胞质延伸部分，后者可能具有含细胞质残余物的舌状突起(3)。

通过细胞质片包卷一条轴突(4)形成了髓鞘(5)，在轴突的表面留下了螺旋的痕迹(6)。无论是少突神经胶质细胞产生的髓鞘，还是雪旺氏细胞产生的髓鞘，其超微结构细节都是相同的。

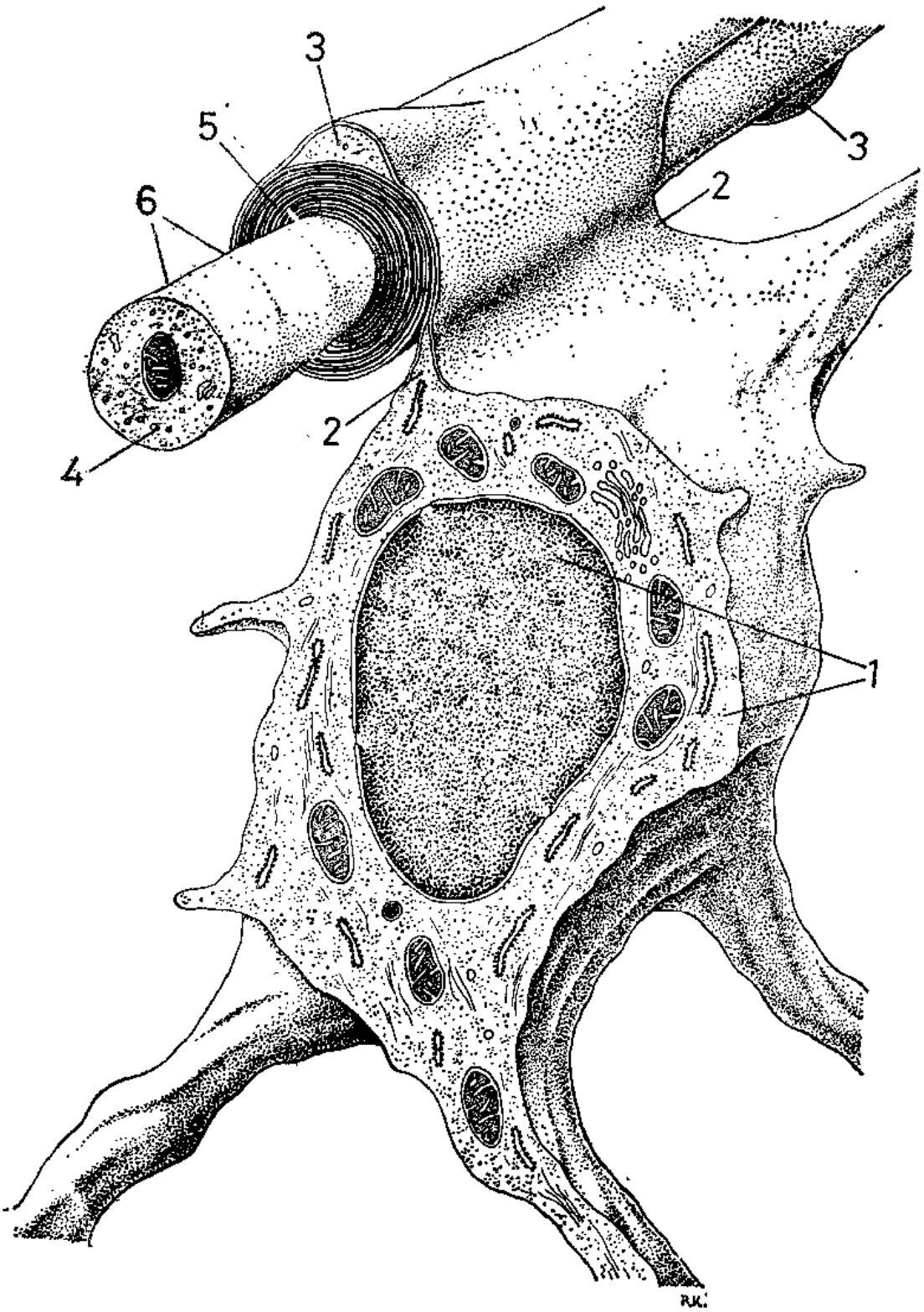
放大：×12,000

参　考　文　献

Knobler, R. L., Stempak, J. G., Laurencin, M.: Oligodendroglial ensheathment of axons during myelination in the developing rat central nervous system. A serial section electron microscopical study. *J. Ultrastruct. Res.* 49, 34—49 (1974)

Knobler, R. L., Stempak, J. G., Laurencin, M.: Nonuniformity of the oligodendroglial ensheathment of axons during myelination in the developing rat central nervous system *J. Ultrastruct. Res.* 55, 417—432 (1976)

Peters, A.: Further observations on the structure of myelin sheaths in the central nervous system. *J. Cell Biol.* 20, 281—296 (1964)

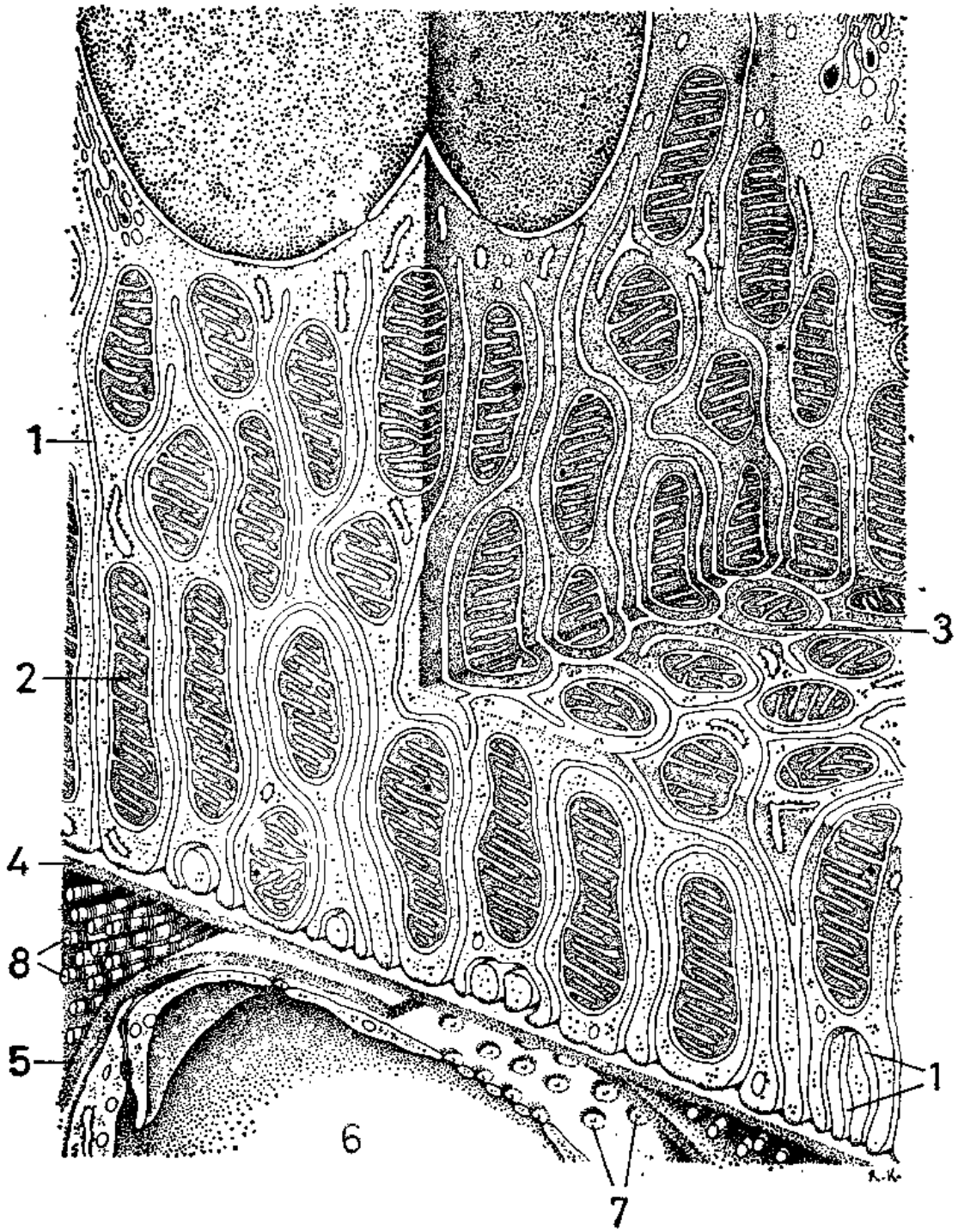

3
5
6
4
2
3
2
1

图版 90　细胞膜。基底迷路。(大鼠肾单位的远曲小管细胞)

在肾单位近曲小管和远曲小管细胞中形成基底迷路，大大地增加了它们与上皮下间隙的接触面。

深陷的质膜内褶(1)把细胞体分成多个窄小的间隔部分，内含线粒体(2)、粗面内质网和溶酶体(图版 13 和 102)。这些间隔部分在横切面上大致呈圆形(3)。在细胞的下面是一层上皮的基板(4)、毛细血管的基板(5)和有孔(7)内皮(6)。注意在毛细血管附近有胶原微纤维(8)。

放大：×37,000


1
2
3
4
8
5
6
7
1

图版 91　细胞膜。从巨核细胞形成血小板。（大鼠的骨髓）

A. 一个巨核细胞的光镜观，即一个有极大细胞核的骨髓巨细胞。

B. 是A图方框部分的电镜放大，显示出深陷的质膜内褶（B 1）伸至核附近，并分割细胞质。每一块细胞质裂片产生一个有细胞器，但不含核物质的血小板（图版 65）。以这种方式，一个巨核细胞可以分裂成约 2500 个血小板。

放大：A × 1,000；B × 26,000

参　考　文　献

Behnke, O.: An electron microscope study of the megakaryocyte of the rat bone marrow. *J. Ultrastruct Res.* 24, 412—433 (1968)

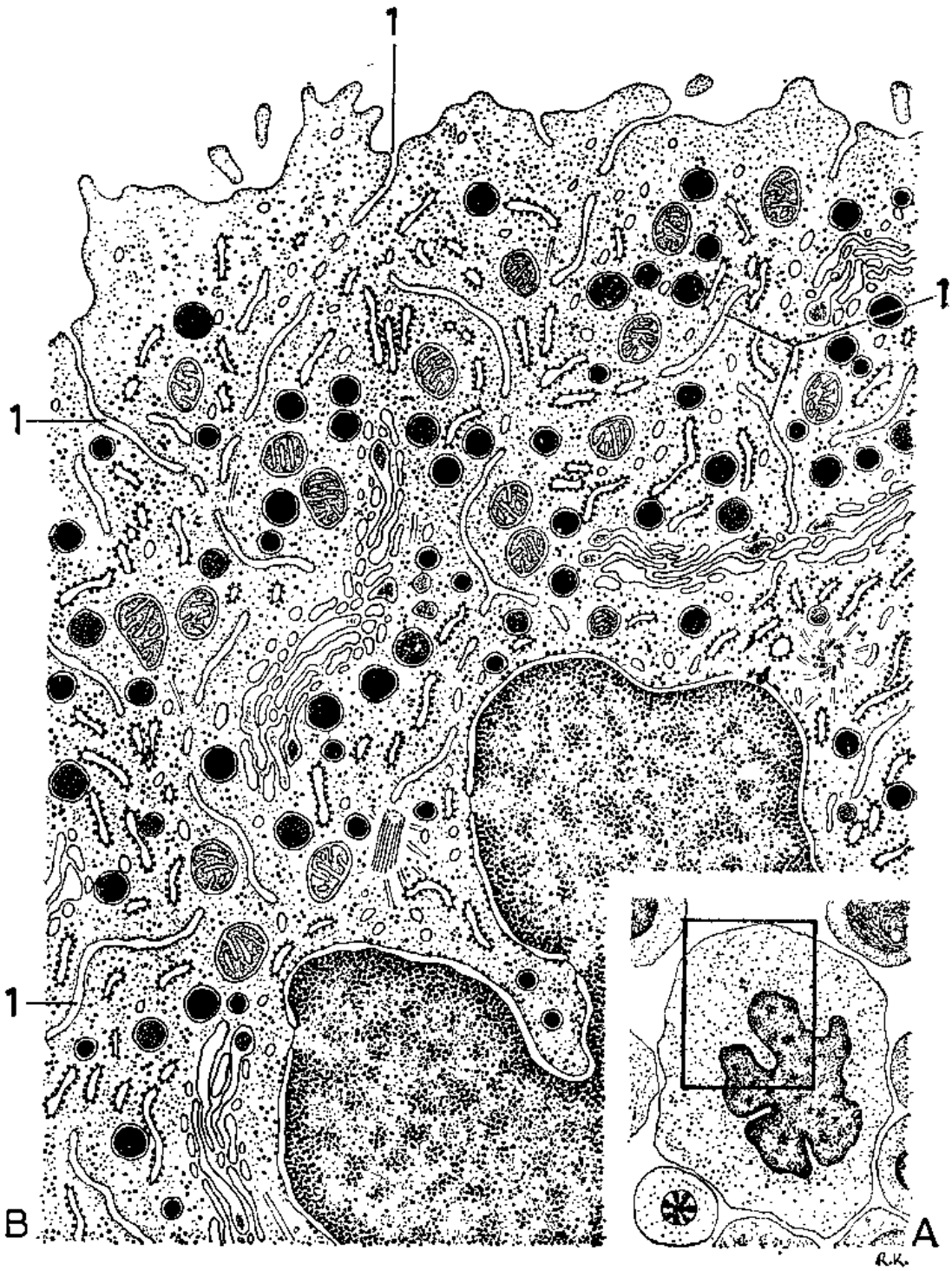
Behnke, O.: An electron microscope study of the rat megakaryocyte. II. Some aspects of platelet release and microtubules *J. Ultrastruct. Res.* 26, 111—129 (1969)

De Bruyn, H. P.: The fine structure of the megakaryocyte of the bone marrow of the guinea pig. *Z. Zellforsch.* 64, 111—118 (1964)

Fedorko, M. E.: The functional capacity of guinea pig megakaryocytes *Lab. Invest.* 36, 310—320 (1977)

Han, S. S., Baker, B. L.: The ultrastructure of megakaryocytes and blood platelets in the rat spleen. *Anat. Rec.* 149, 251—268 (1964)

Ihzumi, T., Hattori, A., Sanada, M., Muto, M.: Megakaryocyte and platelet formation: A scanning electron microscope study in mouse spleen. *Arch. Histol. Jpn.* 40, 305—320 (1977)


1
1
1
1
B
A
R.K.

图版 92　细胞内的细胞膜贮备(移行上皮的表浅细胞和壳层。大鼠的排空膀胱)

A. 泌尿道移行上皮的特征在于它的表浅细胞 (A 1)。这些细胞大，偶有双核，顶部细胞质明显浓缩，即壳层 (A 2)。B 图是方框内细胞的电镜观。

B. 在超微结构上，壳层由无数伸展在连接复合体 (B 4) 之间的微丝 (B 3) 形成。此外，梭形或圆盘形的小泡 (B 5，左下方的插图) 亦可借以识别壳层。这些小泡被认为来源于高尔基复合体。大部分小泡的方向与细胞表面呈直角。它们在细胞表面与质膜融合，使细胞顶部有不规则和凹凸不平的外形。在排空的膀胱，如图所示，细胞顶极是凸面形的。

但是，在膨胀的膀胱，整个上皮和表浅细胞的表面伸展，所以顶极是扁平的。在膨胀期间，许多梭形小泡(可看成顶部细胞膜贮备)与质膜合并，使细胞扩大了表面而不破裂。

借助于这些梭形小泡，表面膜和糖盏 (B 6，左下方插图) 的更替较其它细胞更为迅速：该过程能防止尿液浸入机体。微丝、牢固的桥粒连接，以及成广泛嵌合形 (B 7) 的侧面细胞膜贮备在膀胱膨胀期间都发挥重要作用。

放大：A × 850；B × 15,000；圆形插图×60,000

参　考　文　献

Knutton, S., Robertson, J. D.: Regular structures in membranes: The lumenal plasma membrane of the cow urinary bladder. *J. Cell Sci.* 22, 355—370 (1976)

Minsky, B. D., Chalpowski, F. J.: Morphometric analysis of the translocation of lumenal membrane between cytoplasm and cell surface of transitional epithelium during the expansion-contraction cycles of mammalian urinary bladder. *J. Cell Biol.* 77, 685—697 (1978)

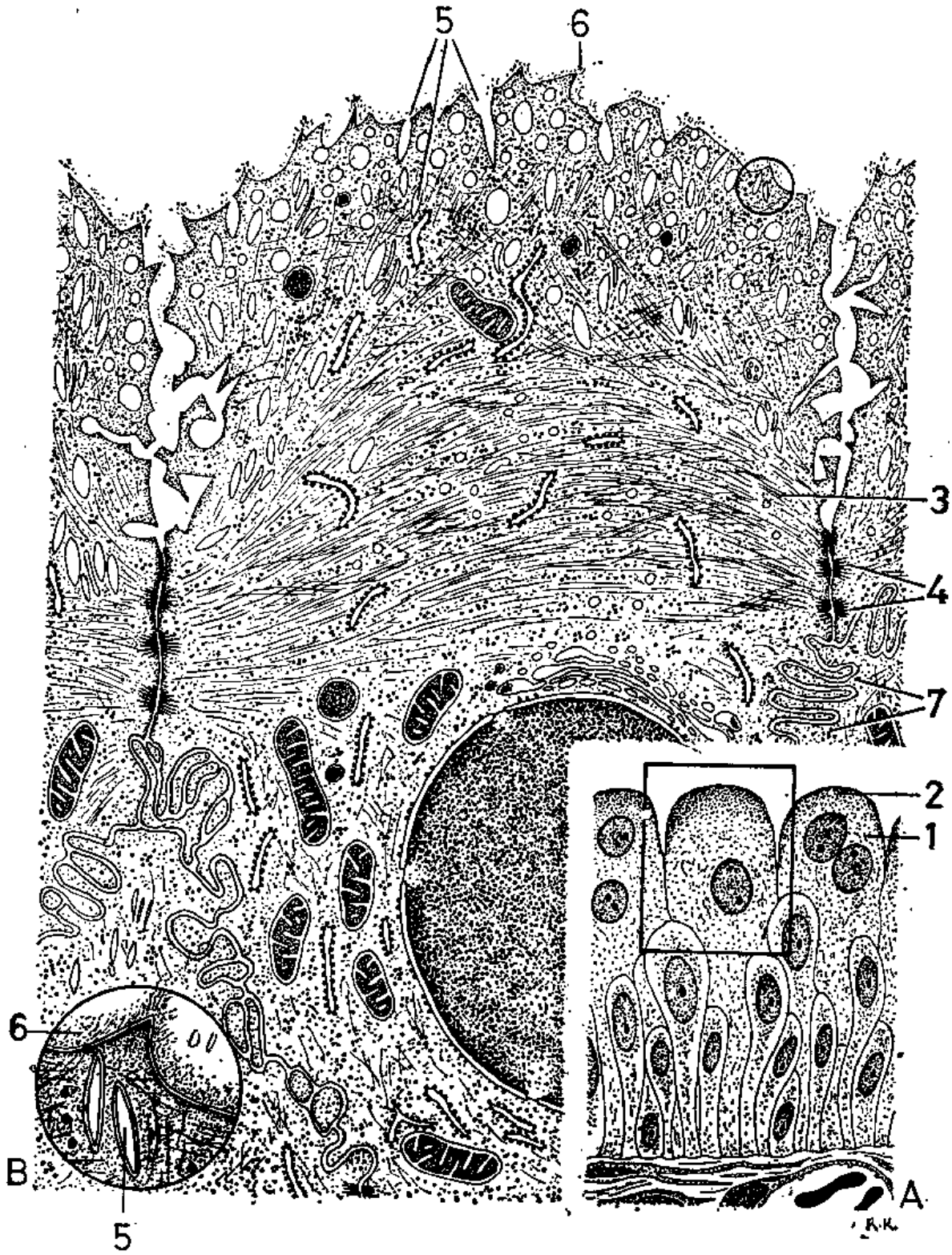
Noack, W., Jacobson, M., Schweichel, J. U., Jayyousi, A.: The superficial cells of the transitional epithelium in the expanded and unexpanded rat urinary bladder. *Acta Anat.* (Basel) 93, 171—183 (1975)

Petry, G., Amon, H.: Licht-und elektronenmikroskopische Studien über Struktur und Dynamik des Übergangsepithels. *Z. Zellforsch.* 69, 587—612 (1966)

Severs, N. J., Warren, R. C.: Analysis of membrane structure in the transitional epithelium of rat urinary bladder. I. The luminal membrane. *J. Ultrastruct. Res.* 64, 124—140 (1978)

Staehelin, L. A., Chlapowski, F. J., Bonneville, M. A.: Luminal plasma membrane of the urinay bladder. I. Three-dimensional reconstruction from freeze-etch images. *J. Cell Biol.* 53, 73—91 (1972)

Warren, R. C., Hicks, R. M.: Chemical dissection and negative staining of the bladder luminal membrane. *J. Ultrastruct. Res.* 64, 327—340 (1978)


5
6
3
4
7
2
1
6
B
5
A

图版 93　糖盏(大鼠肾单位的近曲小管细胞)

许多类型的细胞在它们的表面上分泌一层表面糖蛋白，也叫做细胞衣或糖盏。它是高尔基器和粗面内质网共同产生的，以小泡形式抵达细胞表面。

A. 肾单位细胞刷状缘（A 和 B 1）的微绒毛和空肠上皮纹状缘（图版 101）的微绒毛都被一层含纤细微丝（直径 20—30 Å)的糖蛋白衣覆盖。这些微绒毛的顶丝（A 2）甚至用常规电镜技术也能分辨出来。

B. 用钌红（一种与糖蛋白反应的染料）染色后的同一细胞。存在于染料分子内的钌产生强烈反差，可借以证明糖盏的存在。本例糖盏存在于微绒毛之间和其基部的质膜内褶中（B 3)。

由于糖盏的组成是遗传决定的，所以它有种特异性和免疫学上的限定性，它不仅在细胞膜的选择性渗透、细胞的运动和代谢交换等方面，而且也在识别其它细胞方面起着有效的作用。

放大：A 和 B × 110,000

参　考　文　献

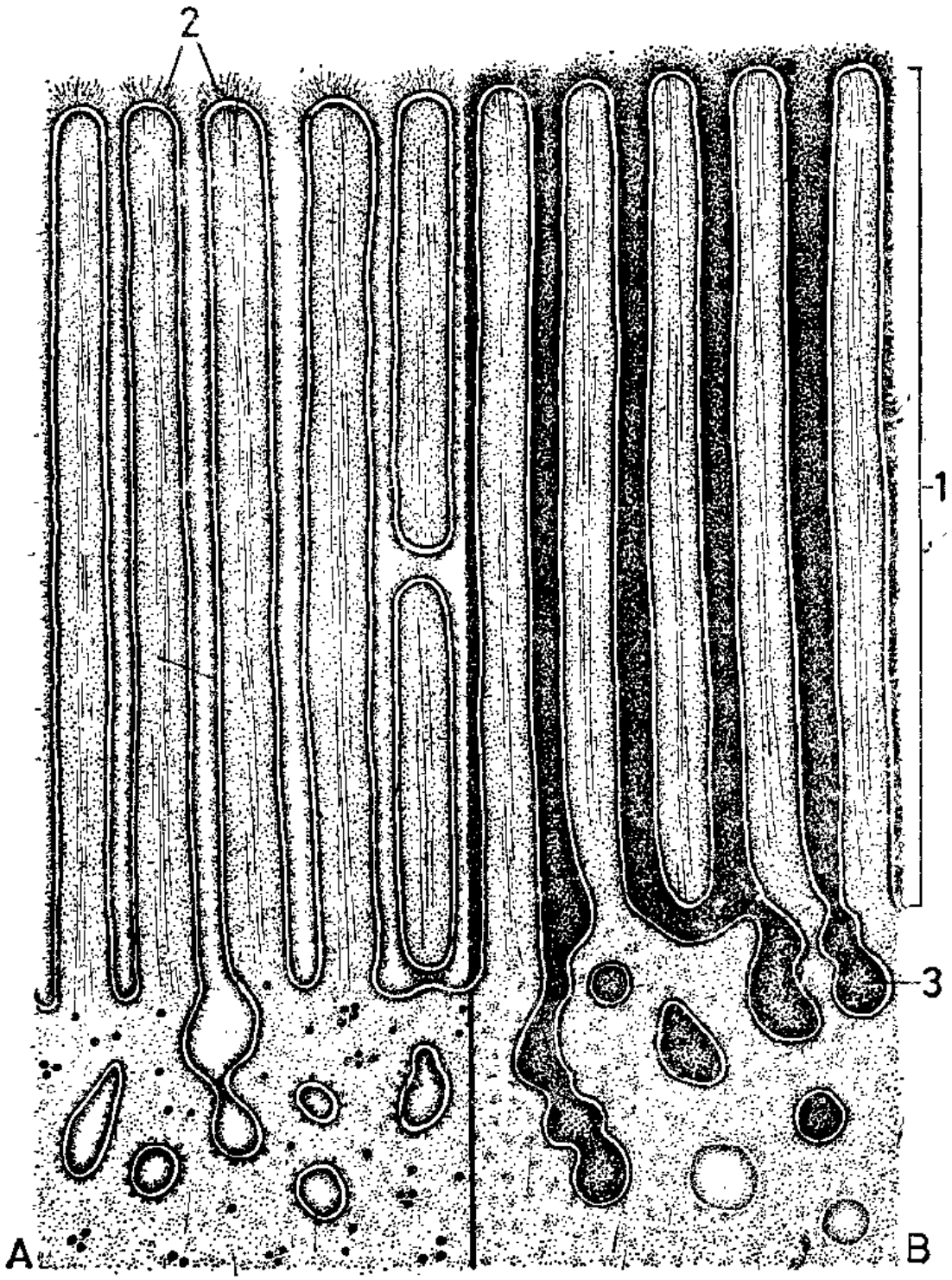
Blanquet, P. R.: Ultrahistochemical study on the ruthenium red surface staining. I. Process which gives rise to electron-dense marker. *Histochemistry* 47, 63—78 (1976)

Luft, J. H.: The structure and properties of the cell surface coat. Int. Rev. Cytol. 45, 291—382 (1976)

Martinez-Palomo, A.: The surface coat of animal cells. *Int. Rev. Cytol.* 29, 29—75 (1970)

Roth, S., McGuire, E. J., Roseman, S.: Evidence for cell-surface glycosyltransferases. Their potential role in cell recognition. *J. Cell Biol.*51, 536—541 (1971)

Winzler, R. J.: Carbohydrate in cell surfaces. *Int. Rev. Cytol.* 29, 77—125 (1970)


2
1
3
A
B

图版 94　表面活化剂(大鼠肺的肺泡上皮)

大肺泡细胞或 II 型细胞的细胞质常包含（在其它细胞成分之间）一种特殊的膜结合颗粒(1)，内有许多平行的或同心的磷脂层，偶有少量微泡。当这些颗粒（也叫胞质体或多层体)从细胞排出(2)时，它们的磷脂内含物形成一片膜，即表面活化剂，覆盖整个肺泡表面。像一种糖盖那样，表面活化剂减少肺泡壁的表面张力，因而防止肺泡塌陷。因此，表面活化剂也叫做抗膨胀不全因子。

右下方的圆圈显示小肺泡细胞 [I 型细胞，(3)]高倍放大后的极薄细胞质层。暴露于空气的表面被一片三层薄膜状的表面活化剂(4)覆盖，厚 150—180 Å，并以一窄隙 [150—200 Å，(6)] 与质膜(5)分开。肺泡腔(7)常有指纹样的成层物质 (8)。周期约 500 Å。这种所谓管状髓磷脂被认为是变性的表面活化剂。

注意附着于肺泡细胞的基板(9)。

其余结构成分的描述在图版 137。

放大：A × 15,000；圆圈部分 × 80,000

参　考　文　献

Finley, T. N., Pratt, S. A., Ladman, A. J., Brewer, L., McKay, M. B.: Morphological and lipid analys of the alveolar lining material in dog lung. *J. Lipid Res.* 9, 357—365 (1968)

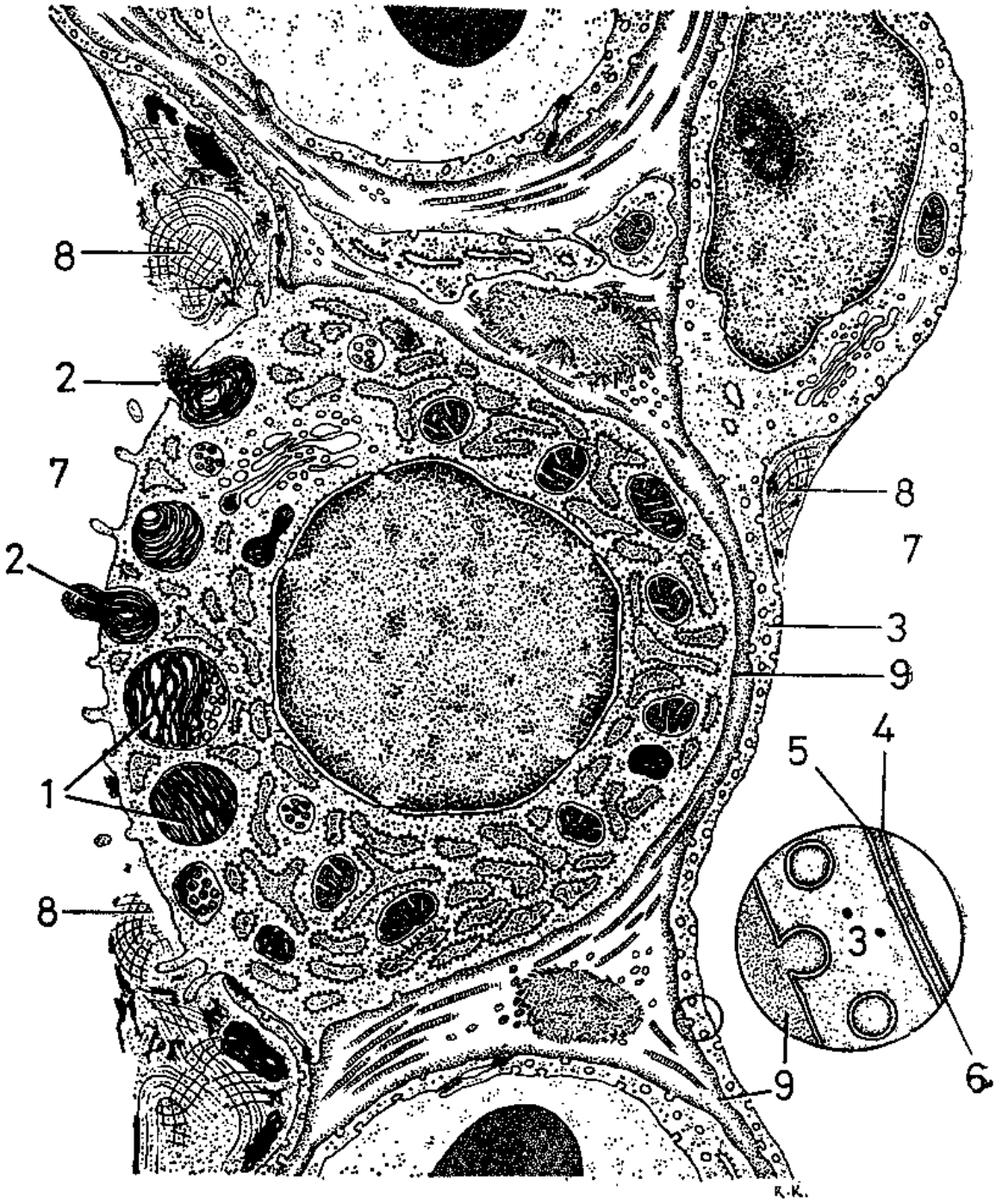
Leeson, T. S., Leeson, C. R.: Osmiophilic lamellated bodies and associated material in lung alveolar spaces. *J. Cell Biol.* 28, 577—581 (1966)

Smith, D. S., Smith, U., Ryan, J. W.: Freeze-fractured lamellar body membranes of the rat lung great alveolar cell. *Tissue Cell* 4, 457—468 (1972)

Stratton, C. J.: The periodicity and architecture of lipid retained and extracted lung surfactant and its origin from multilamellar bodies. *Tissue Cell* 9, 301—316 (1977)

Sueishi, K., Tanaka, T., Oda, T.: Immunoultrastructural study of surfactant system. *Lab. Invest.* 37, 136—142 (1977)

Williams, M. C.: Conversion of lamellar body membranes into tubular myelin in alveoli of fetal rat lungs. *J. Cell Biol.* 72, 260—277 (1977)


8
2
7
2
1
8
8
7
3
9
5
4
3
9
6
R.K.

图版 95　基板(大鼠角膜的后基膜)

像糖盏和表面活化剂一样,基板由细胞制造并沉积在细胞基底面。在上皮,它把上皮细胞与结缔组织分开。在其它细胞,如平滑肌细胞(图版 73 和 151)、横纹肌纤维(图版 59、60 和 70)和雪旺氏细胞(图版 87 和 88)也都被一层基膜包裹,只有结缔组织细胞和血细胞没有基膜。

A. 基板平均厚 300—800 Å,由原胶原分子和粘多糖的氈样结构组成。本例是特例,即后基膜,厚(A 1)2—4 微米,不仅构成角膜后上皮(A 2)坚韧的基板,而且也作为部分调节肌(睫状肌)在前面的附着点。

B. A 图中方框部分的电镜放大。表明后基膜(B 1)具有和其它基板相同的氈样结构。它被角膜后上皮(B 2)的扁平细胞覆盖。

C 和 D. 通过后基膜外层的切线切面,显示呈六角形排列的原胶原分子(D,长箭头)平行层的界线分明的结构(C)。这些平行层也可在横切面上看到,特别是在后基膜的深层区(B,箭头)。

放大: A × 200;　B × 11,000;
C × 35,000; D × 80,000

参　考　文　献

Banerjee, S. D., Cohn, R. H., Bernfield, M. R.: Basal lamina of embryonic salivary epithelia. *J. Cell Biol.* 73, 445—463 (1977)

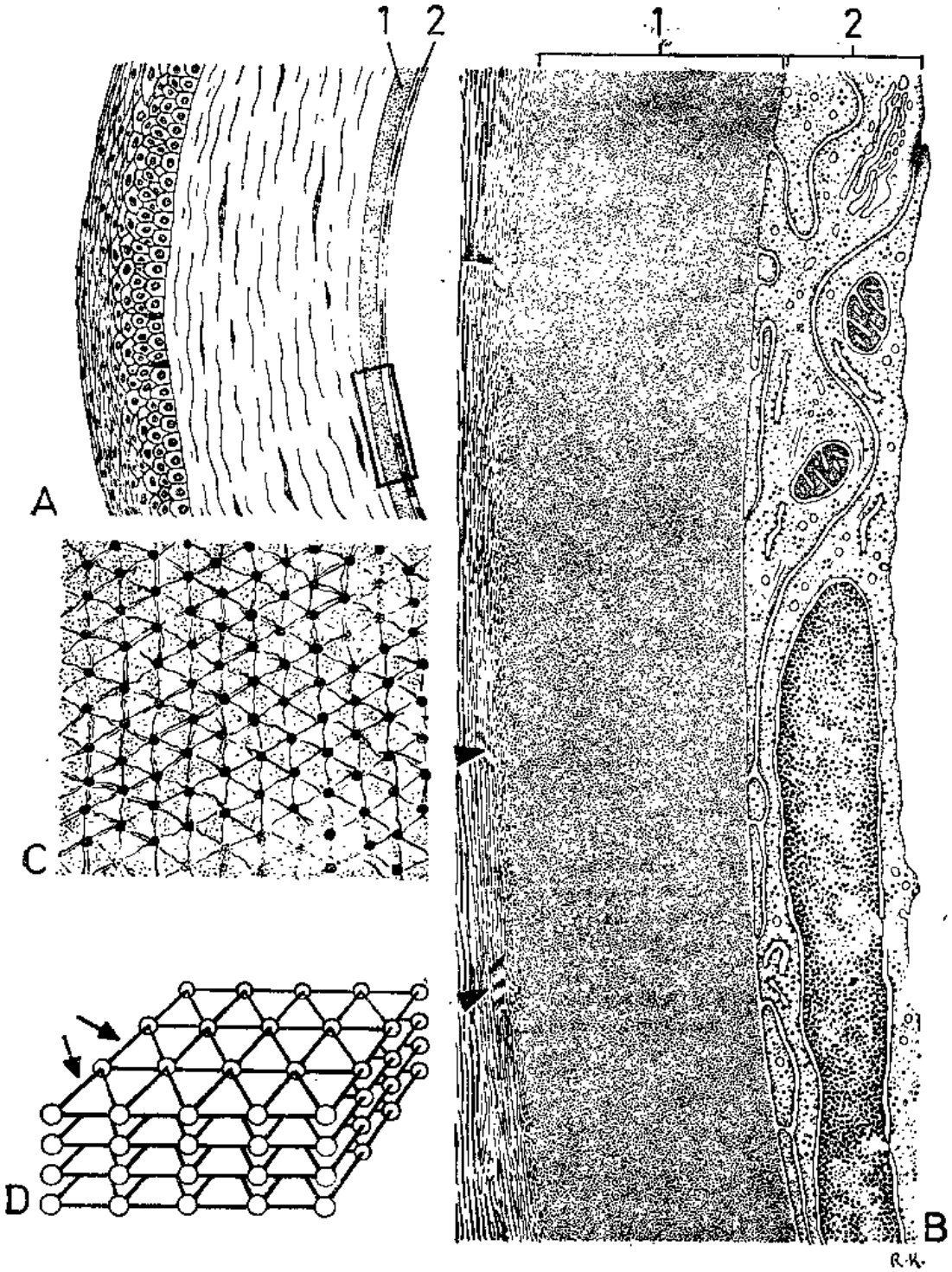
Briggaman, R. A., Dalldorf, F. G., Wheeler, C. E., Jr.: Formation and origin of basal lamina and anchoring fibrils in adult human skin. *J. Cell Biol.* 51, 384—395 (1971)

Jakus, M. A.: Studies on the cornea. II. The fine structure of Descemet's membrane. *J. Biophys. Biochem. Cytol.* 2, 243—252 (1956)

Low, F. N., Burkel, W. E.: A boundary membrane concept of ultarstructural morphology. *Anat. Rec.* 151, 489—490 (1965)

Pierce, G. B., Nakane, P. K.: Basement membranes, synthesis and deposition in response to cellular injury. *Lab. Invest.* 21, 27—41 (1969)

Vracko, R., Benditt, E. P.: Basal lamina: the scaffold for orderly cell replacement. Observations on regeneration of injured skeletal muscle fibers and capillaries. *J. Cell Biol.* 55, 406—419 (1972)


1
2
A
1
2
B
C
D
R.K.

图版 96　基板(大鼠肾的肾小球毛细血管)

肾小球毛细血管基板(1)是机体最重要的屏障之一。它把毛细血管内皮细胞(2)与肾小球足细胞(3)分开,执行分隔血液(4)和原尿(5)的滤器功能。

肾小球毛细血管内皮被许多小孔(6)间断,小孔直径为250—1000 Å,被一层薄膜或隔膜连接(图版148和149)。左下方圈出部分的高倍放大揭示基板由三层组成:外疏松层(7)、致密层(8)和内疏松层(9)。三层之中,致密层最明显,有粗15—20 Å的细丝构成的致密网。细丝间的平均距离为30 Å。内疏松层与内皮细胞接触,外疏松层与足细胞的足(10)接触。一层薄膜(11)伸展在后者之间的情况并不少见。

原尿是穿过基板(长箭头)自血液滤出的。由于基板阻挡几乎所有的蛋白质分子,所以,在电镜下,肾小囊腔是空的;而在毛细血管内可看到细颗粒状或细丝样的蛋白质沉淀物。

基膜组织的任何松散都导致肾小球滤器的渗透性增加。发生蛋白尿是肾脏损害的一种症状特征。

放大:×22,000;插图×80,000

参　考　文　献

Fujita, T., Tokunaga, J., Edanaga, M.: Scanning electron microscopy of the glomerular filtration membrane in the rat kidney. *Cell Tissue Res.* 166, 299—314 (1976)

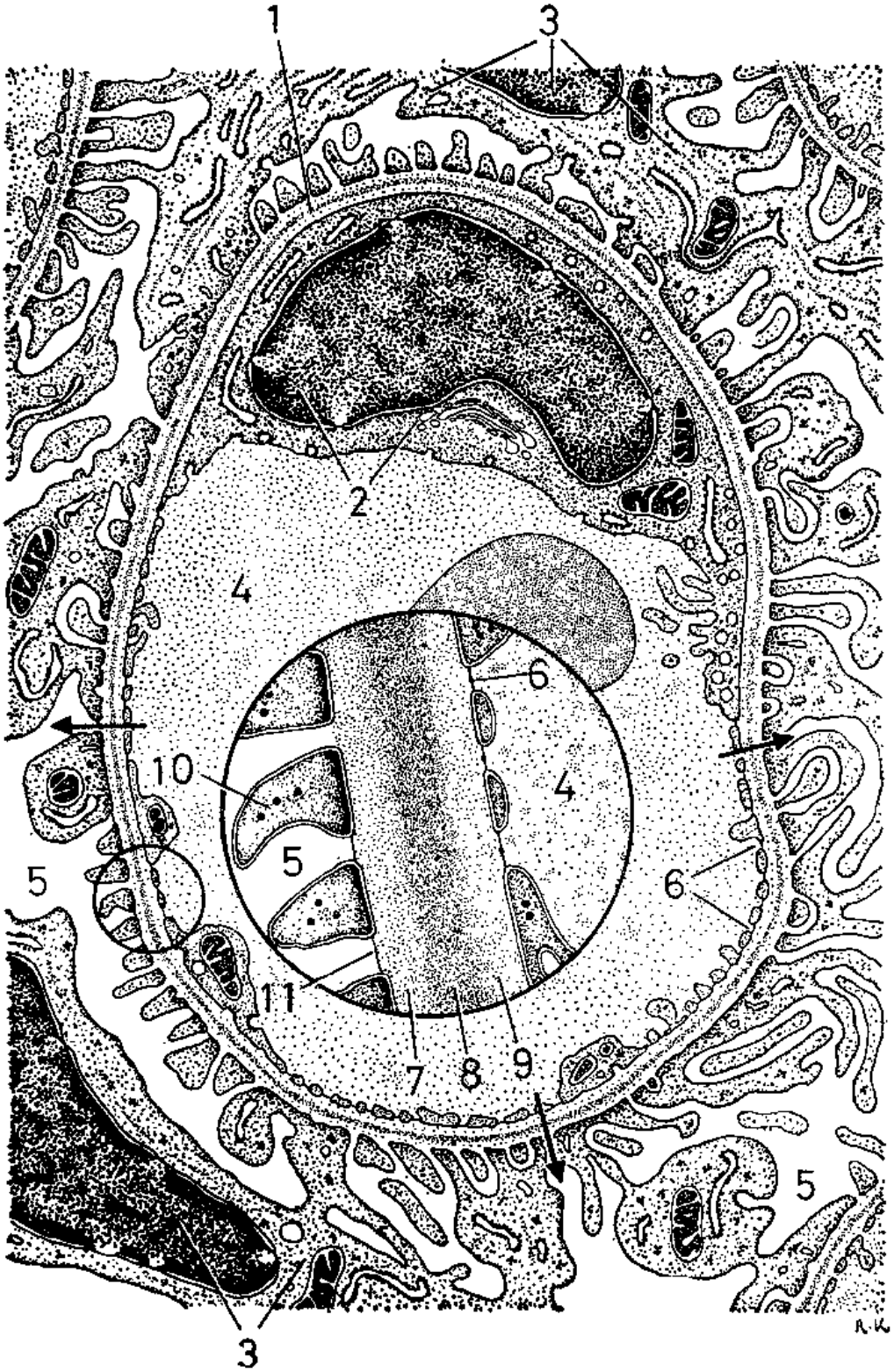
Gekle, D., Merker, H.-J.: Neue Vorstellungen über Struktur und Funktion der glomerulären Basalmembran der Niere. *Klin. Wochenschr.* 44, 1217—1224 (1966)

Laliberté, F., Sapin, C., Belair, M.-F., Druet, P., Bariety, J.: The localisation of the filtration barrier in normal rat glomeruli by ultrastructural immunoperoxydase techniques. *J. Biol. Cell.*31, 15—26 (1978)

Latta, H.: The glomerular capillary wall. *J. Ultrastruct. Res.* 32, 526—544 (1970)

Osawa, G., Kimmelstiel, P., Seiling, V.: Thickness of glomerular basement membranes. *Am. J. Clin. Pathol.* 45, 7—20 (1966)

Thoenes, W.: Endoplasmastisches Retikulum und "Sekretkörper" im Glomerulum-Epithel der Säugerniere. Ein morphologischer Beitrag zum Problem der Basalmembran-Bildung. *Z. Zellforsch.* 78, 561—582 (1967)


1
3
2
4
6
10
4
5
5
6
11
7
8
9
5
3
R.K.

图版 97　小皮(大鼠卵母细胞的透明带)

A. 小皮，这一术语，是指细胞产生的一层显著而分界清晰的细胞外衣 (extracellular coat)。光镜可清楚辨认的卵母细胞 (A 2) 的透明带 (A 1) 就是一例。每个卵母细胞又被卵泡细胞 (A 3) 包围。方框部分显示于 B 图。

B. 在超微结构上，富于多糖的透明带 (B 1) 为细颗粒层，把卵母细胞 (B 2) 与卵泡细胞 (B 3) 分开，并有卵母细胞的许多微绒毛样突起 (B 4) 穿入，而卵泡细胞的突起 (B 5) 伸入得较少。

注意卵母细胞的细胞质内有成群的晶状板层 (B 6)。据认为它们是板状的核蛋白体积聚物，但它们的意义还不知道。

放大：A × 350；B × 13,000

参　考　文　献

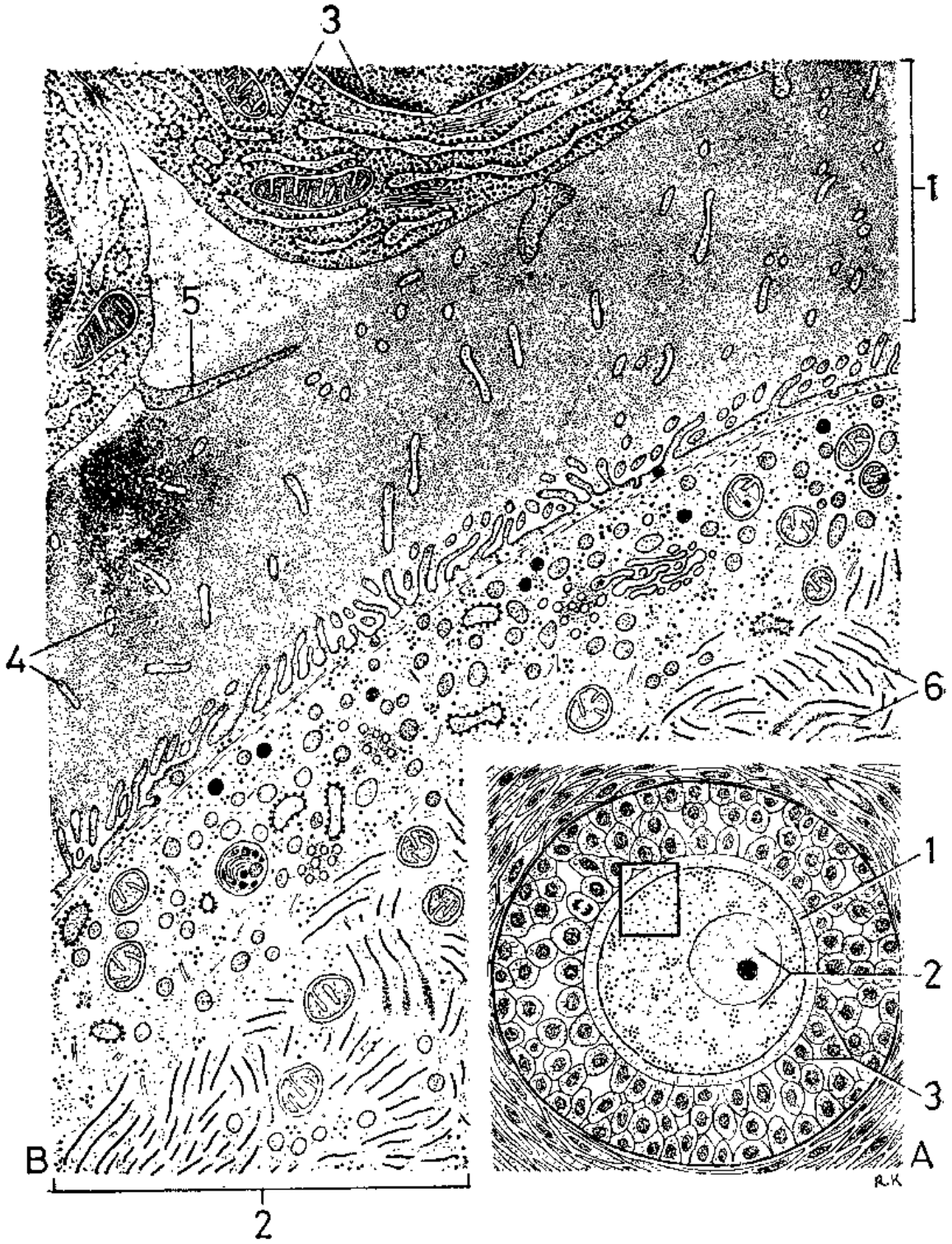
Iqbal, S. J., Weakley, B. S.: The effects of different preparative procedures on the ultrastructure of the hamster ovary. *Histochemistry* 38, 95—122 (1974)

Pavelka, R., Friedrich, F., Caucig, H.: Die Ultrastruktur der menschlichen Eizelle des Graafschen Follikels. *Wien. Klin. Wochenschr.* 84, 305—312 (1972)

Stegner, H.-E., Wartenberg, H.: Elektronenmikroskopische und histotopochemische Untersuchungen über Struktur und Bildung der Zona pellucida menschlicher Eizellen. *Z. Zellforsch.* 53, 702—713 (1961)

Wartenberg, H., Stegner, H.-E.: Über die elektronenmikroskopische Feinstruktur des menschlichen Ovarialeies. *Z. Zellforsch.* 52, 450—474 (1960)

Zamboni, L., Mastroianni, L., Jr.: Electron microscopic studies on rabbit ova. I. The follicular oocyte. *J. Ultrastruct. Res.* 14, 95—117 (1966)


3
1
5
4
6
1
2
3
A
B
2
R.K

图版 98　小皮(大鼠眼的晶体囊)

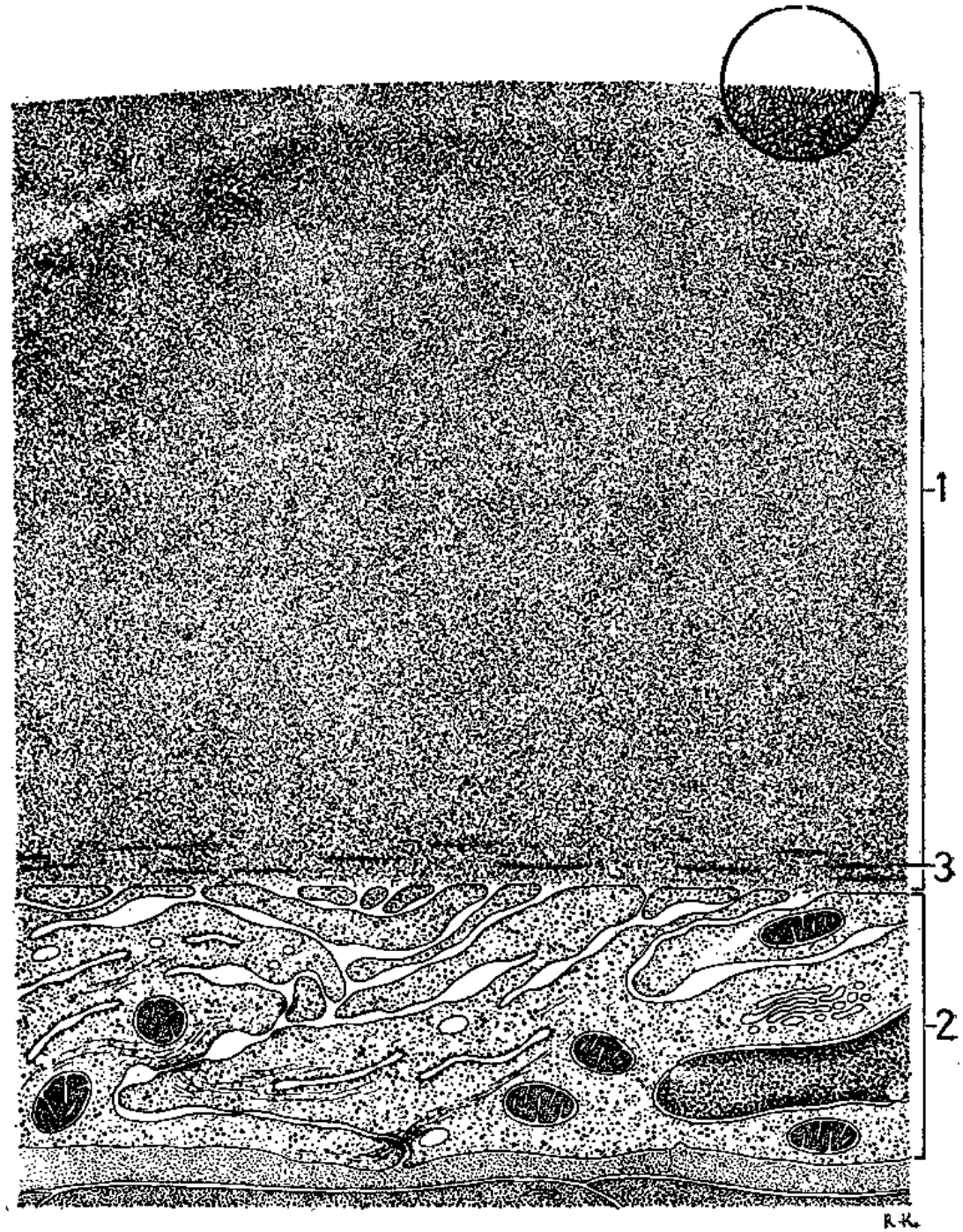
晶体囊(1)是另一种小皮结构。它是一糖蛋白层,厚达 18 微米,由晶体上皮 (2) 合成多层薄层状。在晶体囊的深层,可见成层现象 (3),而其它部位的小皮呈细丝网状,丝粗 30—50 Å (放大观在右上圆圈内)。

晶体囊在晶体的代谢中起重要作用。此外,它还是睫状小带纤维的附着点。交织的纤维网使晶体囊有一定的弹性,这对眼睛的调节是不可缺少的。

放大: ×6,500; 圆圈部分×75,000

参　考　文　献

Rafferty, N., Esson, F. A.: An electron-microscope study of adult mouse lens: some ultrastructural specialisation. *J. Ultrastruct. Res.* 46, 239—253 (1974)


1
3
2

图版 99　小皮(成釉质细胞和釉质。新生大鼠的牙的发育)

A. 牙釉质也是另一种小皮结构。本图版显示部分牙原基或牙始基。称为釉质(或牙釉质)(A 1)的坚硬物质和牙质(A 2)分别由成釉质细胞(A 3)和成牙质细胞(A 4)形成。成釉质细胞合成釉基质,以后再被钙化成釉质。A图上标出的三个成釉质细胞的超微结构细节显示于B图。

B. 钻石刀切的未脱钙釉质(B 1),用电镜检查表现为强嗜锇的物质。成釉质细胞(B 3)是高柱状细胞,有发达的粗面内质网(B 5)。

C. 还是高倍放大,在一个成釉质细胞(C 3)顶极变尖的突起内看到含釉基质前身物的分泌颗粒(C 6)。矿物化的小皮由粗 50—100 Å、长 50—1000 Å 的针状晶体(C 7)组成。釉质有 7 度硬,是人体最硬的物质,由大约 90% 的羟磷灰石和仅约 4% 的有机物组成。在成釉质细胞和牙釉质之间有一薄层未钙化的基质(C 8)。

釉质的合成一旦停止,成釉质细胞就崩解,而牙釉质就被遗留下来,覆盖在每个牙齿上。

放大: A × 370; B × 4,500; C × 17,000

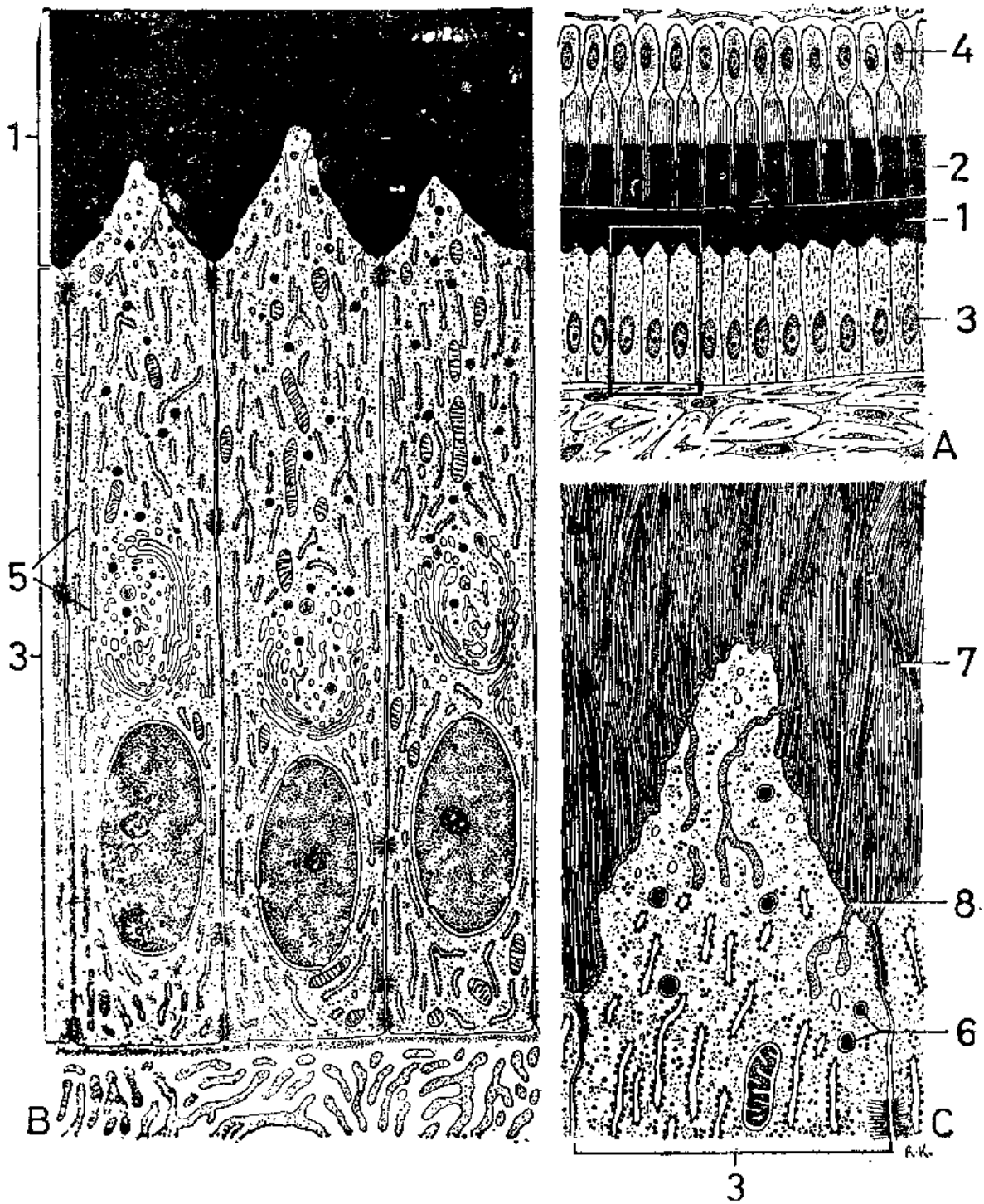
参　考　文　献

Moe, H.: Morphological changes in the infranuclear portion of the enamel-producing cells during their life cycle. *J. Anat.* 108, 43—62 (1971)

Selvig, K. E.: Electron microscopy of dental enamel: Analysis of crystal lattice images. *Z. Zellforsch.* 137, 271—280 (1973)

Warshawsky, H. A.: A light and electron microscopic study of the nearly mature enamel of rat incisors. *Anat. Rec.* 169, 559—584 (1971)

Weinstock, A., Leblond, C. P.: Elaboration of the matrix glycoprotein of enamel by the secretory ameloblasts of the rat incisor as revealed by radioautography after galactose-^{3}H injection. *J. Cell Biol.* 51, 26—51 (1971)


1
5
3
B
4
2
1
3
A
7
8
6
C
3

图版 100　微绒毛(大鼠空肠上皮细胞的纹状缘)

A. 在空肠上皮细胞的顶端游离面，质膜形成无数指状突起，呈一致的平行排列。这些微绒毛(A 1)长达 2 微米，直径 1000 Å，大大地增加了小肠上皮的吸收面。方框内的微绒毛横切面更详细地显示于 B 图。

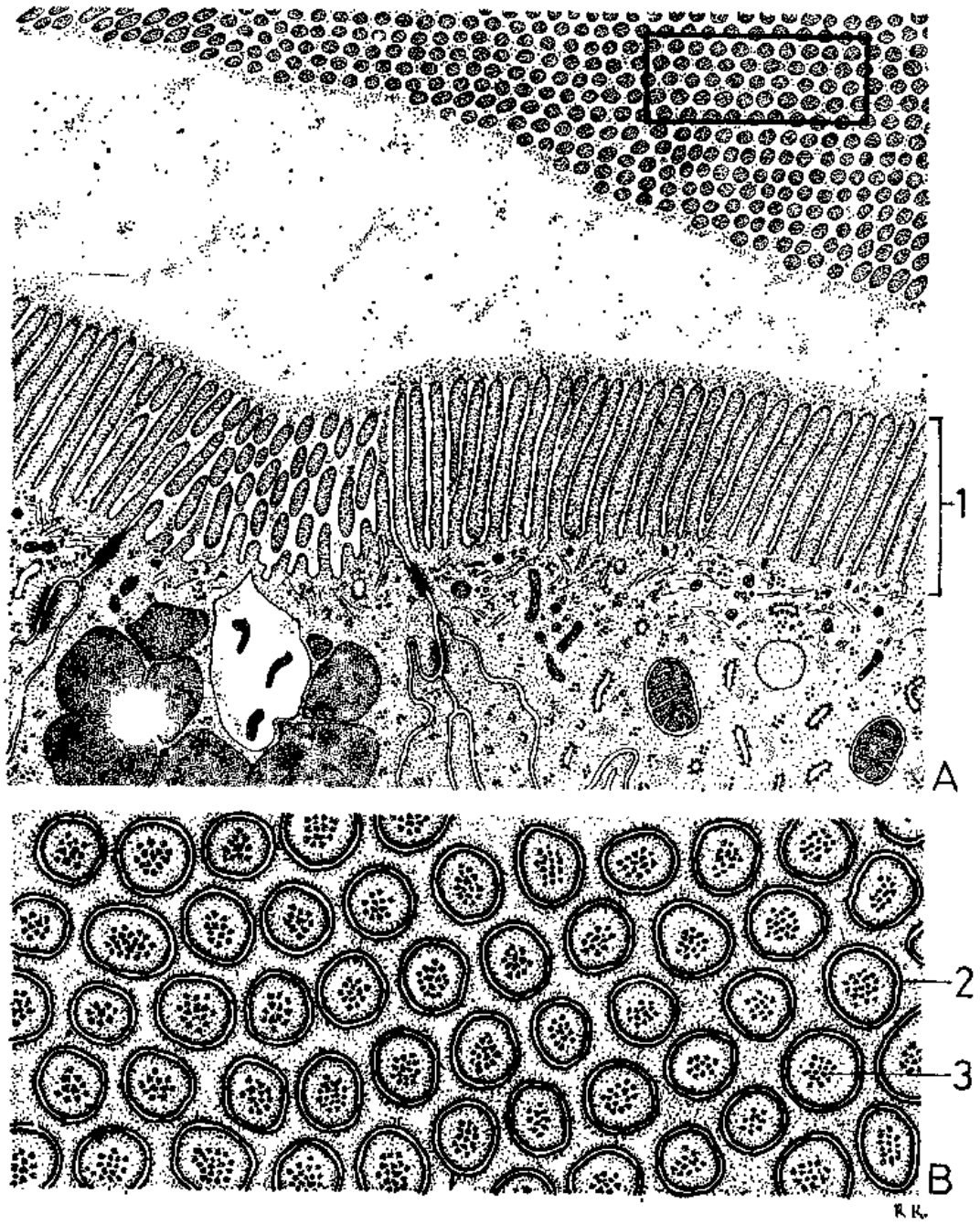
B. 微绒毛呈圆形剖面，明显被一层单位膜包绕(B 2)。注意中央微丝束(B 3)，其中每一根微丝粗约 60 Å。

放大：A × 14,000；B × 90,000

参　考　文　献

Anderson, J. H., Taylor, A. B.: Scanning and transmission electron microscopic studies of jejunal microvilli of the rat, hamster and dog. *J. Morphol.* 141, 281—292 (1973)

Ito, S.: The enteric surface coat on cat intestinal microvilli. *J. Cell Biol.* 27, 475—491 (1965)


1
A
2
3
B
R.K.

图版 101　微绒毛(大鼠空肠上皮细胞的纹状缘)

高倍电镜放大,纵切面揭示由单位膜构成的微绒毛突起(1)的有规则排列,每根微绒毛的核心是微丝束(2)(图版 100),并附着于粘合小带(3)的致密的胞质基质中,或与微管(4)束混合而形成终网(图版 62 和 110)。据信成束的微丝以其收缩改变微绒毛的高度。微绒毛整个被中等嗜锇的丝状糖盏包裹。可见从微绒毛的顶端辐射出微绒毛的顶丝(5),粗约 50 Å(微绒毛的立体图象见图版 109)。

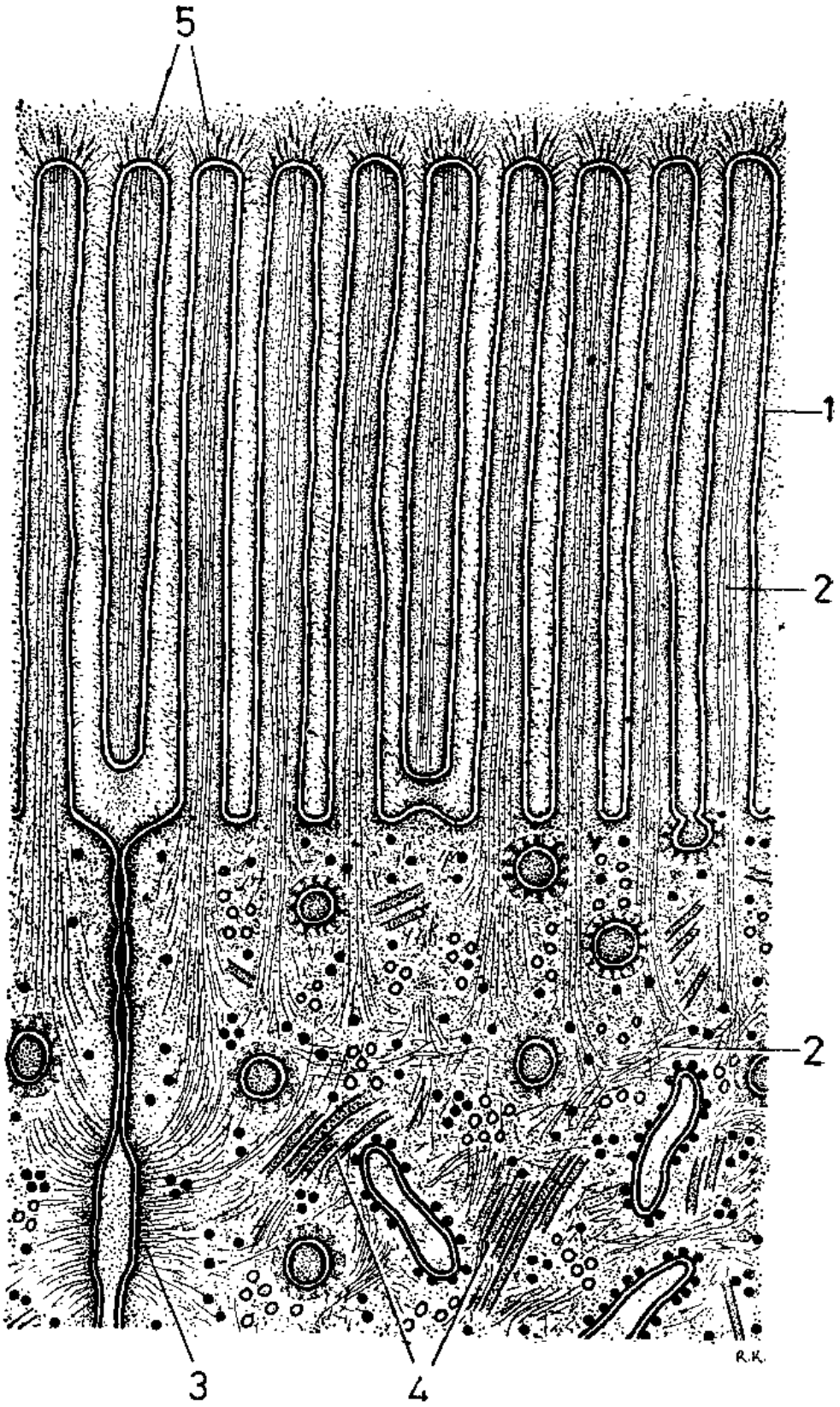
糖盏和许多定位于纹状缘内的酶(酯酶、酸性磷酸酶、ATP 酶)参加细胞的吸收过程。应该指出,在人,小肠的吸收面(计 15—20 平方米,包括全部绒毛、肠腺和环形皱襞)由于微绒毛的存在而增至 200 平方米。

放大: ×90,000

参　考　文　献

Benett, H. S.: Morphological aspects of extracellular polysaccharides. *J. Histochem. Cytochem. 11*, 14—23 (1963)

Forssmann, W. G., Baumann, M.: Zur Ultrastruktur des Stäbchensaumes im Duodenum der Ratte. *Morphol. Jahrb. 111*, 250—257 (1967)


5
1
2
2
3
4
R.K.

图版 102　微绒毛(大鼠肾单位近曲小管上皮细胞的刷状缘)

肾单位近曲小管细胞的微绒毛(1)构成所谓的刷状缘。它们比纹状缘的微绒毛长,但结构原理是相同的。

从横切面看,刷状缘微绒毛的内部含有肌动蛋白样细丝,粗 50—70 Å(2),呈六角形排列(插图)。这表明微绒毛有收缩能力,大概可由一种主动转运机制来加速从肾小管腔的选择性重吸收。

在近曲和远曲小管细胞,重吸收的物质经基底迷路(4)(图版 90)进入毛细血管(3)。同时,当多种物质通过肾小管排到终尿内时,微绒毛和基底迷路有助于肾的排泄。肾细胞内大线粒体(5)的存在表明在这些过程中利用了大量的能量。

此外,每个细胞都含有大溶酶体(6)、过氧化物酶体(7)和微胞饮小泡(8)。后者是白蛋白重吸收的形态学表现,因为这些分子凭借其体积较小而能通过肾小球基膜。

一层基板(9)位于细胞之下,约 200 Å,它接收嗜锇的基网(10)中极细的细丝。基网是覆盖迷路隔室基部质膜的细网,并有助于把基板固定到上皮细胞上。

放大: A×20,000;插图×90,000

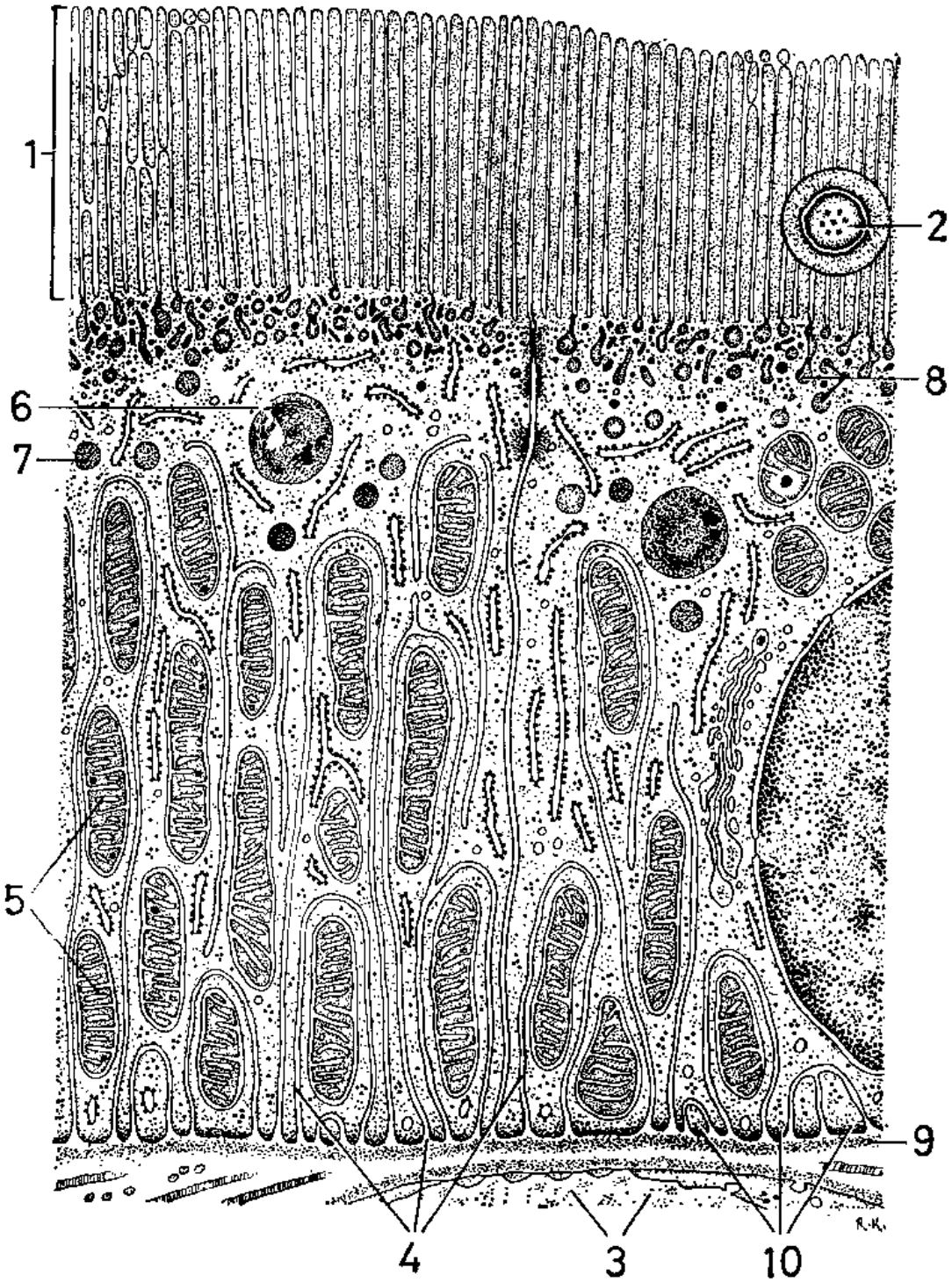
参　考　文　献

Bulger. R. E., Siegel, L. F., Pendergrass, R.: Scanning and transmission electron microscopy of the rat kidney. *Am. J. Anat. 139*, 438—502 (1974)

Mooseker, M. S.: Brush border motility. Microvillar contraction in triton-treated brush borders isolated from intestinal epithelium. *J. Cell Biol. 71*, 417—433 (1976)

Rodewald, R., Newman, S. B., Karnovsky, M. J.: Contraction of isolated brush borders from the intestinal epithelium. *J. Cell Biol. 70*, 541—554 (1976)

Rostgaard, J., Thuneberg, L.: Electron microscopical observations on the brush border of proximal tubule cells of mammalian kidney. *Z. Zellforsch. 132*, 473—496 (1972)


1
2
8
6
7
5
9
4
3
10

图版 103　微绒毛(大鼠的甲状旁腺细胞)

甲状旁腺实质细胞的质膜，面向毛细血管(1)的一面是平滑的；其与邻近细胞接触的表面显示广泛嵌合的微绒毛(2)。在功能活动增强时期，这些微绒毛扩张，占据了宽阔的细胞间隙(3)。虽然与纹状缘和刷状缘比较，这些微绒毛的形状和大小是不规则的；但是，在大大增加细胞表面，以供代谢物吸收和激素分泌方面，它们的功能是相似的。

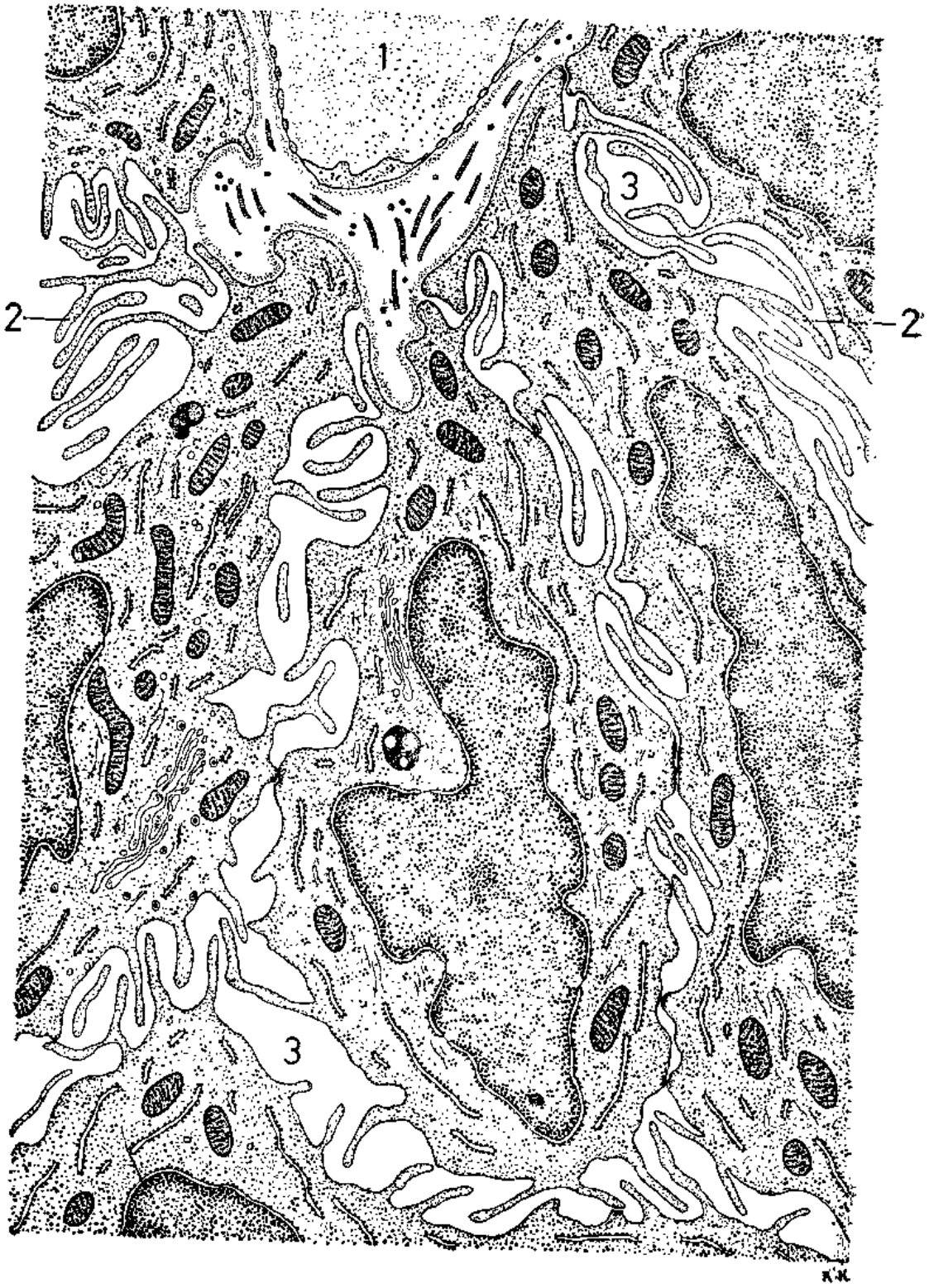
放大：×10,000

参　考　文　献

Capen, C. C., Rowland, G. N.: The ultrastructure of the parathyroid glands of young cats. *Anat. Rec. 162*, 327—340 (1968)

Krstić, R., Bucher, O., Kazimierczak, J.: Morphodynamik der C-Zellen der Schilddrüse und der Parathyreoideazellen der Ratte nach ein-bis achtwöchiger Calcitoninbehandlung. *Z. Anat. Entwicklungsgesch. 144*, 19—38 (1974)

Nunez, E. A., Whalen, J. P., Krook, L.: An ultrastructural study of the natural secretory cycle of the parathyroid gland of the bat. *Am. J. Anat. 134*, 459—480 (1972)


1
2
2'
3
3

图版 104　微绒毛(人睾丸的淋巴毛细管)

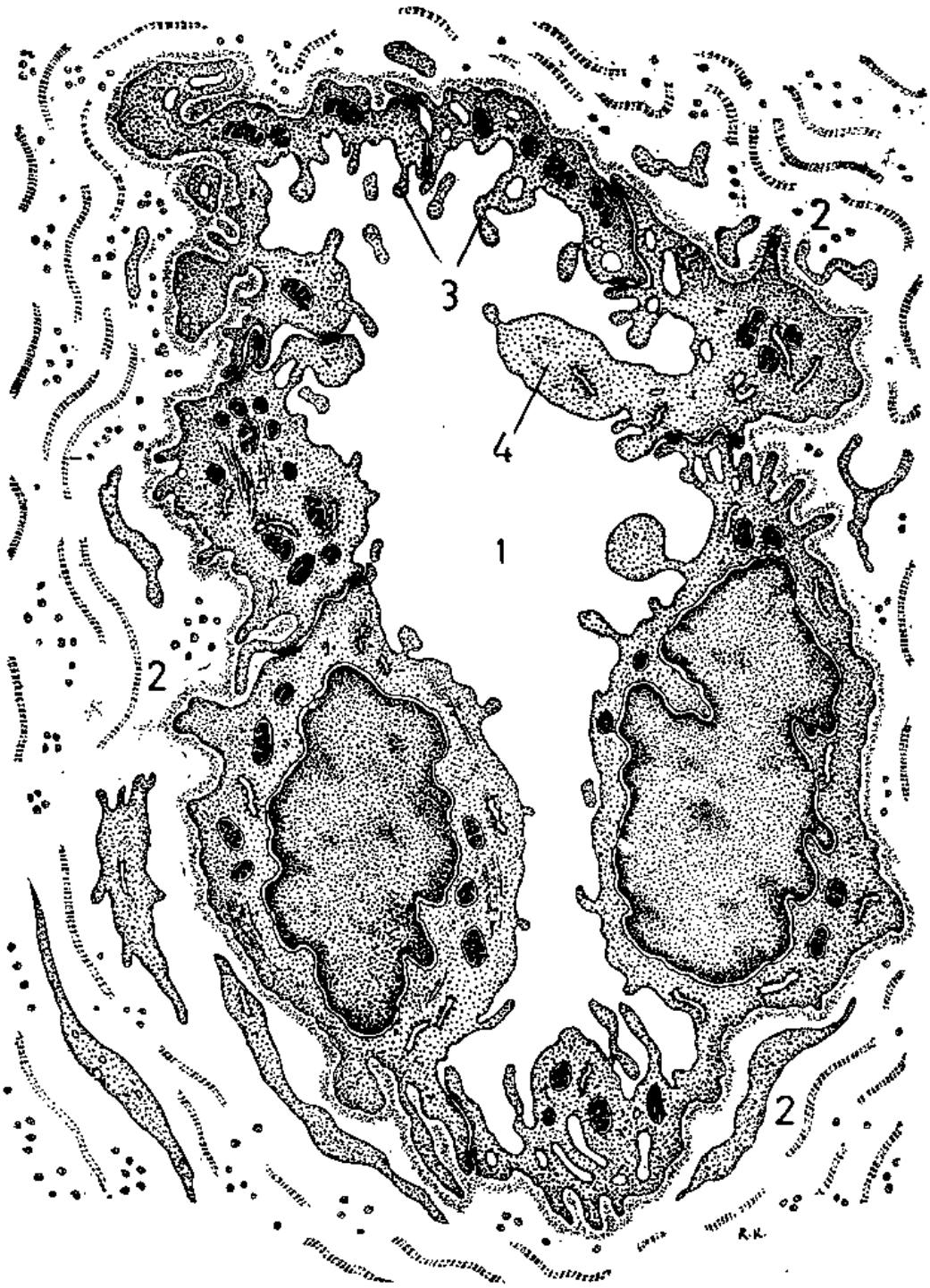
淋巴毛细管不仅转运多种溶解的代谢废物,偶尔还有死细胞,而且也转运大量碳水化合物、蛋白质和乳化的脂肪。为使这些物质尽可能地吸收到淋巴流内,淋巴毛细管的内皮细胞需要有大的表面积。因此,内皮细胞的表面,无论是面向毛细管腔(1)的,还是面向毛细管周围间隙(2)的,都有许多不规则的微绒毛(3)和较大的钝突(4)。这些细胞的延伸部分借其连续的运动和变形促进通过内皮的运输。

放大: ×13,500

参　考　文　献

Leak L. V.: The fine structure and function of the lymphatic vascular system. In: Handbuch der allgemeinen Pathologie. Altmann, H.-W., Büchner, F., Cottier, H., Grundmann, E., Holle, G., Letterer, E., Masshoff, W., Meessen, H., Roulet, F., Seifert, F., Siebert G. (eds.), Vol. III/6, pp. 149—196. Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1972

Leak, L. V., Burke, J. F.: Fine structure of the lymphatic capillary and the adjoining connective tissue area. *Am. J. Anat. 118*, 785—810 (1966)


1
2
2
2
3
4
R.K.

图版 105　静纤毛(大鼠副睾管上皮细胞)

A. 图示包括静纤毛(A 1)在内的假复层柱状上皮的一部分。它衬贴副睾管。图中方框部分示于B图。

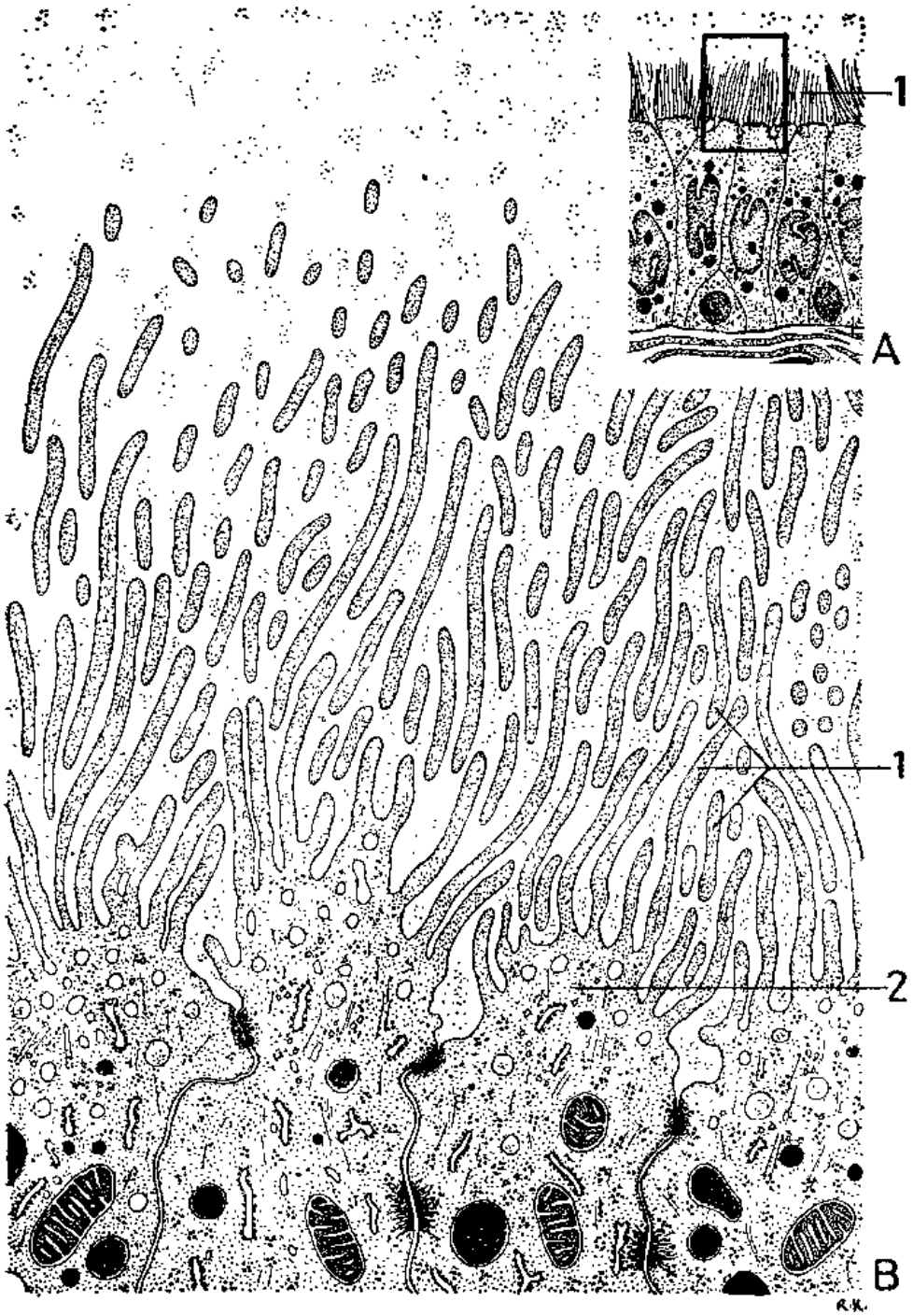
B. 这里的微绒毛不像动纤毛(图版 170 和 171),是不动的,故称为静纤毛(B 1)。虽然它们相当长,达 5—7 微米,但是它们的直径却与微绒毛差不多。静纤毛从一个共同基部(B 2)突出,所以它们常常成束出现。副睾管的静纤毛大大地增加细胞的表面积,以供分泌精子所需要的物质。

放大: A×400; B×19,000

参　考　文　献

Murakami, M., Shimada, T., Huang, C.-T., Obayashi, I.: Scanning electron microscopy of epididymal ducts in the japanese monkey (*Macacus fuscatus*)with special reference to the architectural analysis of stereocilia. *Arch. Histol. Jpn. 38*, 101—107 (1975)

Nicander, L.: An electron microscopical study of absorbing cells in the posterior caput epididymidis of rabbits. *Z. Zellforsch. 66*, 829—847 (1965)


1
A
1
2
B
R.K.

图版 106　感觉毛[大鼠考蒂氏（Corti）器的感觉细胞]

考蒂氏器毛细胞(感觉细胞)顶极的静纤毛对感受声音是头等重要的。

静纤毛(或感觉毛)(1)从细胞表面突出，呈相继增高的行列。在每一根感觉毛的核心有一根弱嗜锇的细丝(2)，其根部(3)植入致密的终网(4)内。后者有时被不正确地叫做小皮板。一些小根可穿入很深，远达胞质基质。

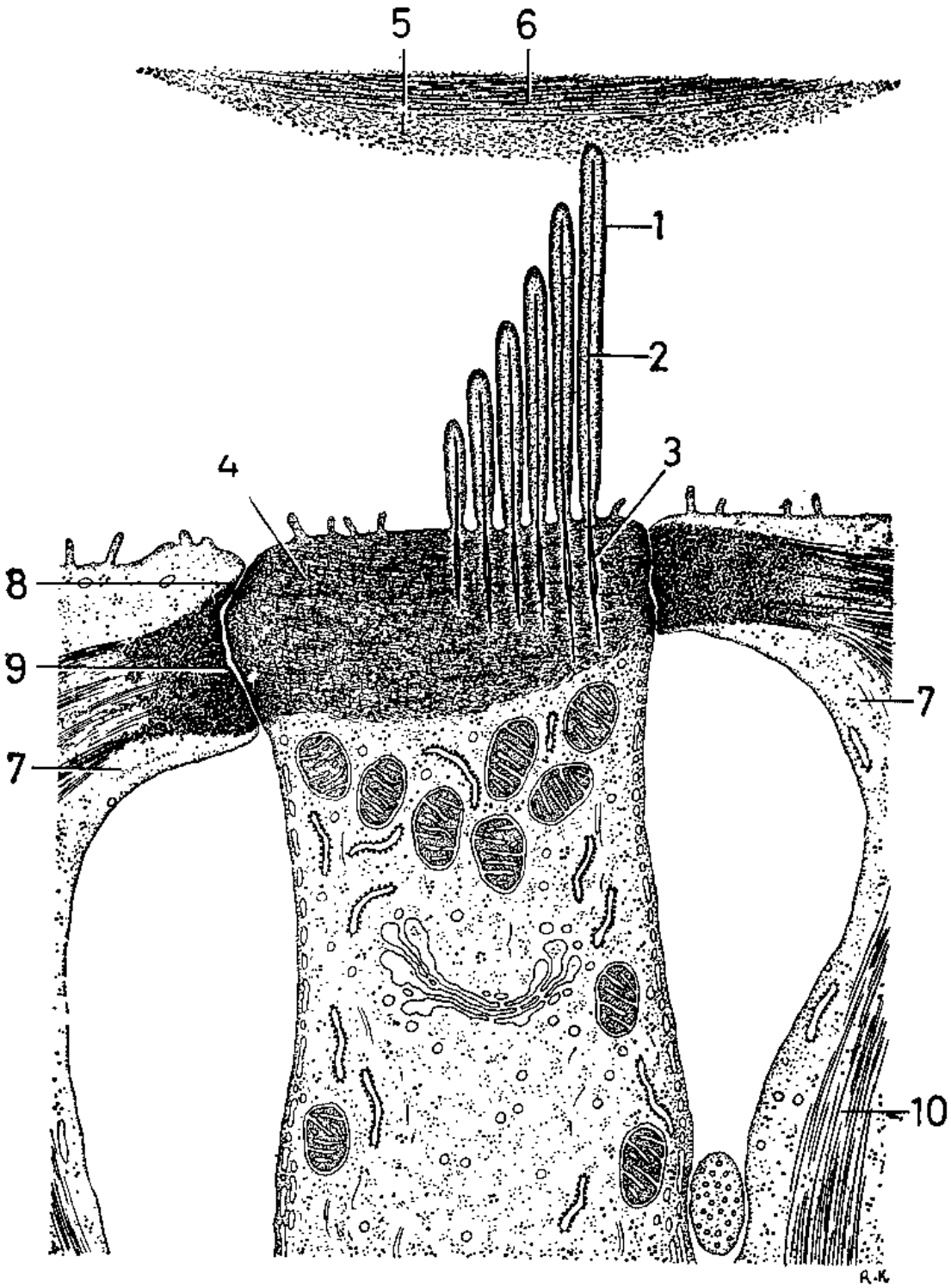
在感觉毛之上是盖膜，它有细丝构成的外层(5)和粗丝构成的内层(6)。感觉细胞与支持着它的 Deiters 指细胞(7)侧面相接，并被闭锁小带(8)和粘着小带(9)加固。Deiters 指细胞侧面的毛氈样聚集物是细胞骨架微管束(10)的终点。

感觉毛的毛尖接触盖膜的下表面，该毛的每一次运动是以一种未知的方式刺激感觉细胞。然后，冲动被传导到听觉中枢。

放大：×15,000

参　考　文　献

Flock. A., Cheung, H. C.: Actin filaments in sensory hairs of inner ear receptor cells. *J. Cell Biol.* 75, 339—343 (1977)


5
6
1
2
3
4
8
9
7
7
10
R.K.

图版 107　感觉毛。立体图象。（大鼠考蒂氏器的感觉细胞）

A. 考蒂氏器的光镜切片表明感觉细胞(A 1)、盖膜 (A 2) 和 Deiters 指细胞 (或支持细胞) (A 3) 之间的关系。方框标出的感觉细胞已于图 106 说明;其立体图象如下。

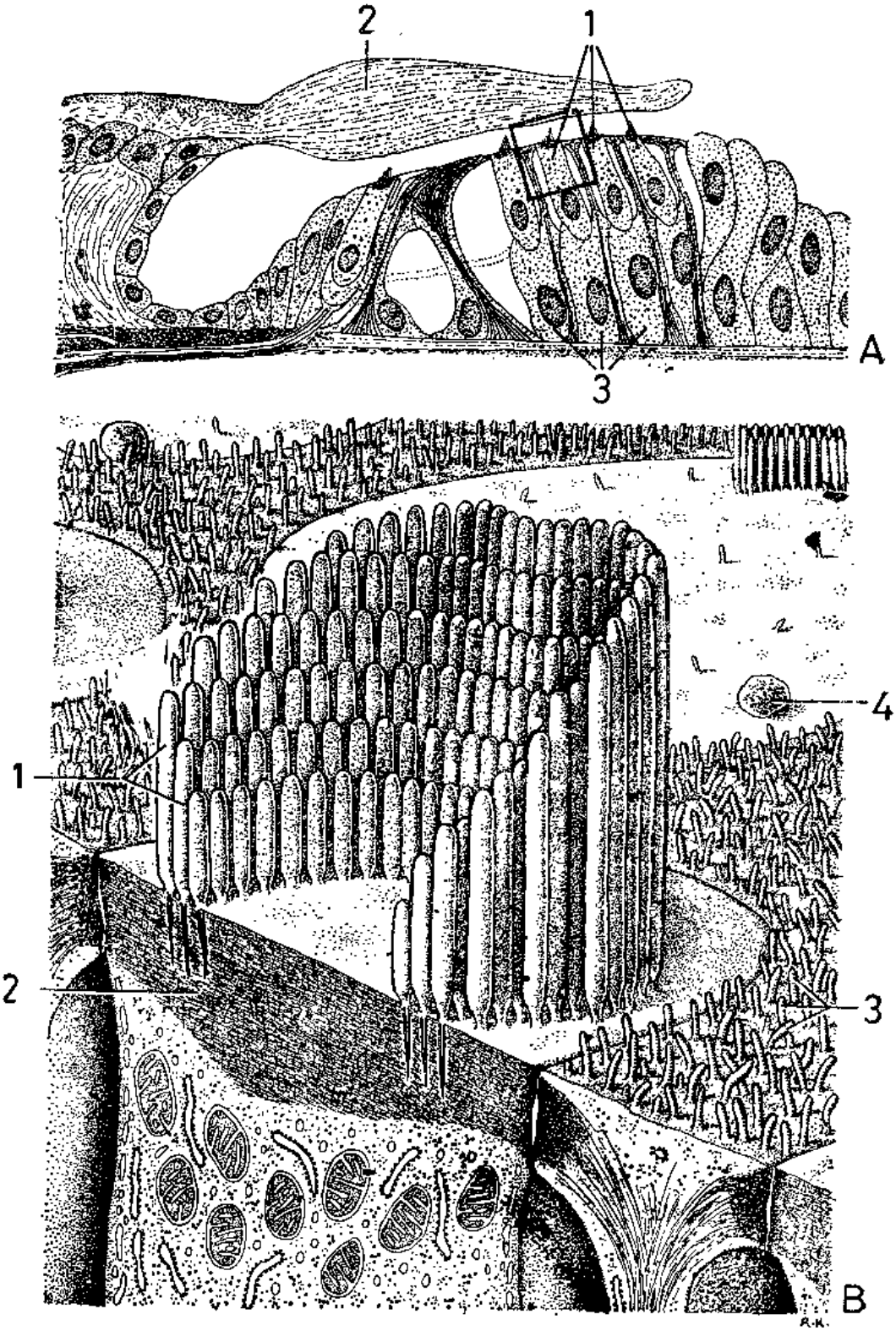
B. 约 100—200 根感觉毛 (B 1) 像圆形剧院的座位那样排列在细胞顶极，并以细长的根插入终网 (B 2)。带有短微绒毛的细胞是 Deiters 指细胞 (B 3)，它的上部形成网状膜。对球形体 (B 4) 的性质(它也见于椭圆囊斑和球囊斑的感觉细胞，见图版 108) 尚不了解。

放大：A×500；B×15,000

参　考　文　献

Gulley, R. L., Reese, T. S.: Regional specialization of the hair cell plasmalemma in the organ of Corti *Anat. Rec. 189*, 109—124 (1977)

Hoshino, T.: Relationship of the tectorial membrane to the organ of Corti. A scanning electron microscope study of cats and guinea pigs. *Arch. Histol. Jpn. 37*, 25—39 (1974)


2
1
3
A
4
1
2
3
B

图版 108　感觉毛(大鼠椭圆囊斑的感觉细胞)

球囊斑和椭圆囊斑感觉细胞的功能与保持平衡有关。每个感觉细胞(1)的顶极都有一束静纤毛(2)。这些静纤毛排成依次增高的行列,而仅有一根单一的动纤毛(3)超过它们。感觉毛束伸入一个富于糖蛋白的胶质盖膜。这耳石膜(4)含有许多叫做耳砂(5)的碳酸钙晶体,长 2—5 微米,并在每端有三个小平面。由于耳砂的比重比内淋巴的大得多,所以每次线加速度都导致感觉毛的变位而刺激神经纤维。这些刺激是上下左右定位及许多反射的起源。

支持细胞(6)可借具有微绒毛(7)而被识别出来。

放大: ×15,000

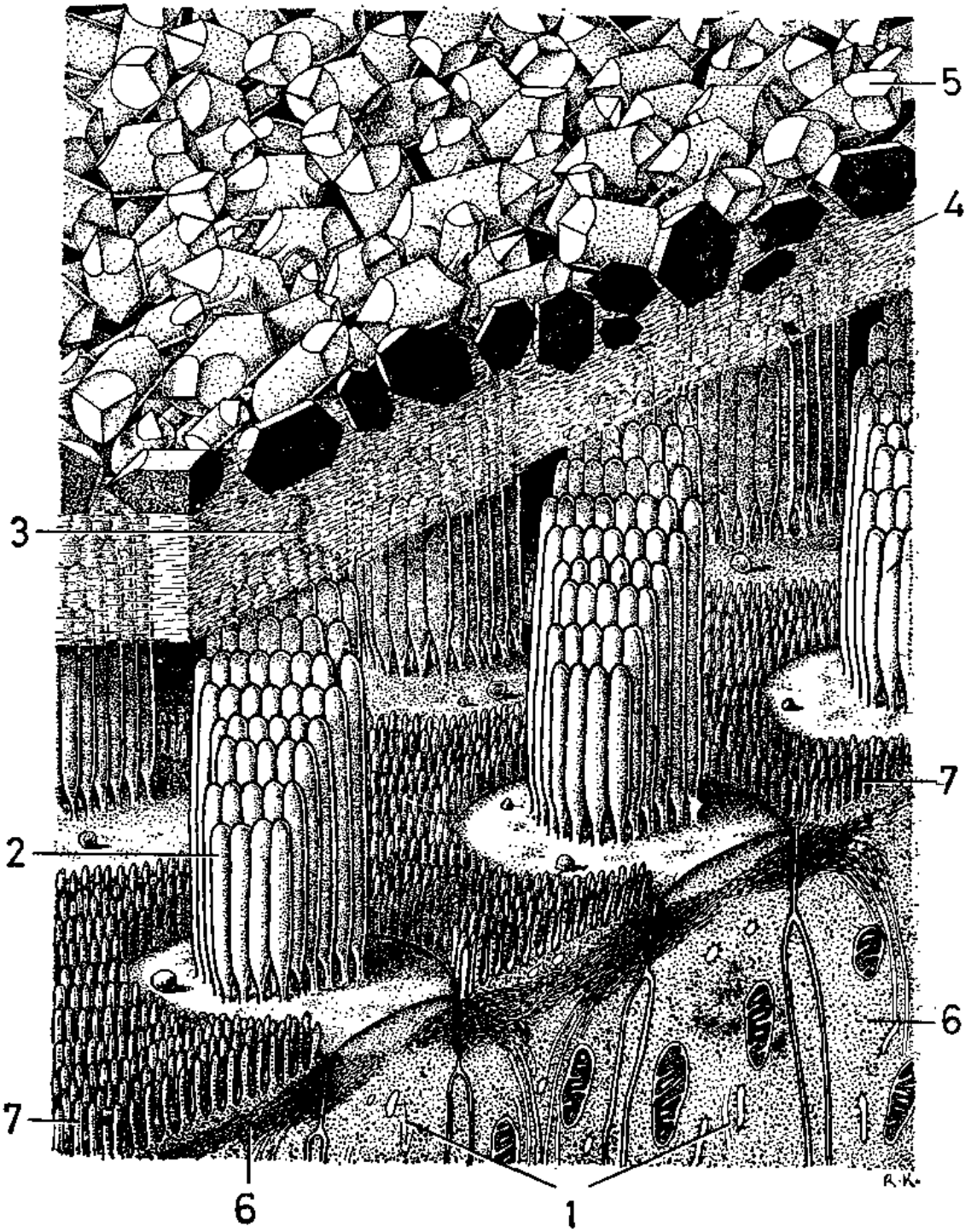
参　考　文　献

Flock, A.: Structure of the macula utriculi with special reference to directional interplay of sensory responses as revealed by morphological polarisation. *J. Cell Biol. 22*, 413—431 (1964)

Hilman, D. E.: New ultrastructural findings regarding a vestibular ciliary apparatus and its possible functional significance. *Brain Res. 13*. 407—412 (1969)

Hoshino, T.: Tectorial and otolitic membrane of pigeon inner ear. A scanning electron microscope study. *Arch. Histol. Jpn. 35*. 141—152 (1973)

Ross, M. D.: Some histochemical and ultrastructure evidence that the otolitic membrane is a glycoprotein with ion exchange capacity, *Anat. Rec.* 175, 429—430 (1973)


5
4
3
7
2
6
7
6
1
R.K.

图版 109　空肠上皮细胞的连接复合体。立体图象

A. 细胞联合成结构单位是由细胞表面的各种特化装置保证的，例如广泛存在的连接复合体。为了图解说明这些装置，一个空肠上皮细胞没有表示出细胞质。细胞膜融合的区域恰好在微绒毛(1)之下，形成闭锁小带或叫紧密连接(2)。在它之下是粘着小带(3)，相邻细胞在此被一宽 150—200 Å 的细胞间隙分开。粘着小带在细胞质面是致密的，被短的张力丝(4)加强。两种小带，即闭锁小带和粘着小带都环围细胞顶部而不间断。

半桥粒或粘合斑(5)散布在整个质膜上。张力丝(4)像刷子上的毛那样从半桥粒上放射到细胞质内。一个细胞的每一个半桥粒都对应于邻接细胞的一个类似的半桥粒。与闭锁小带和粘着小带不同，桥粒是局部的、钮扣样的附着位点。因为它们执行功能需要能量，所以有一些线粒体位于附近。

B. 用光镜观察，上述三种结构一起看来象终闩(B，箭头)。

细胞间隙内的窄缝相当于缝隙连接(A 6)。(图版 113)

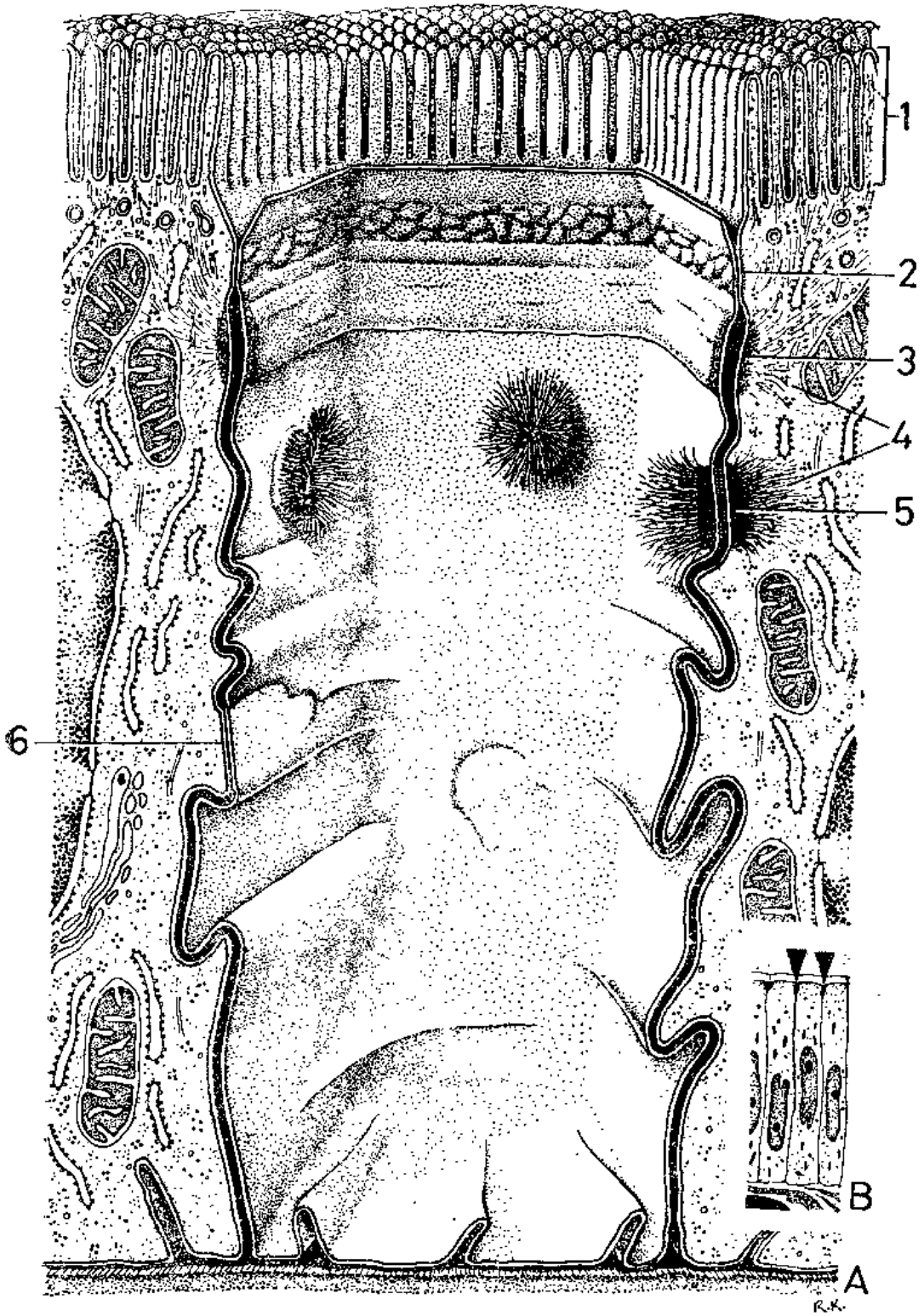
放大：A × 6,000；B × 1,000

参　考　文　献

Bernstein, L. H., Wollman, S. H.: Association of mitochondria with desmosomes in the rat thyroid gland. J. Ultrastruct. Res. *53*, 87—92 (1975)

Deane, H. W., Wurzelmann, S., Kostellow, A. B.: Survey for mitochondrial-desmosome complexes in differentiating epithelia. *Z. Zellforsch.* *75*, 166—177 (1966)

Farquhar, M. G., Palade, G. E.: Junctional complexes in various epithelia. *J. Cell Biol.* *17*, 375—412 (1963)


1
2
3
4
5
6
B
A
R.K.

图版 110　细胞间连接(大鼠气管的和空肠的上皮细胞)

A 和 B. 各种上皮细胞都由类似的连接复合体连接。A 图和 B 图分别是气管的和空肠的上皮细胞在电镜下的图象。

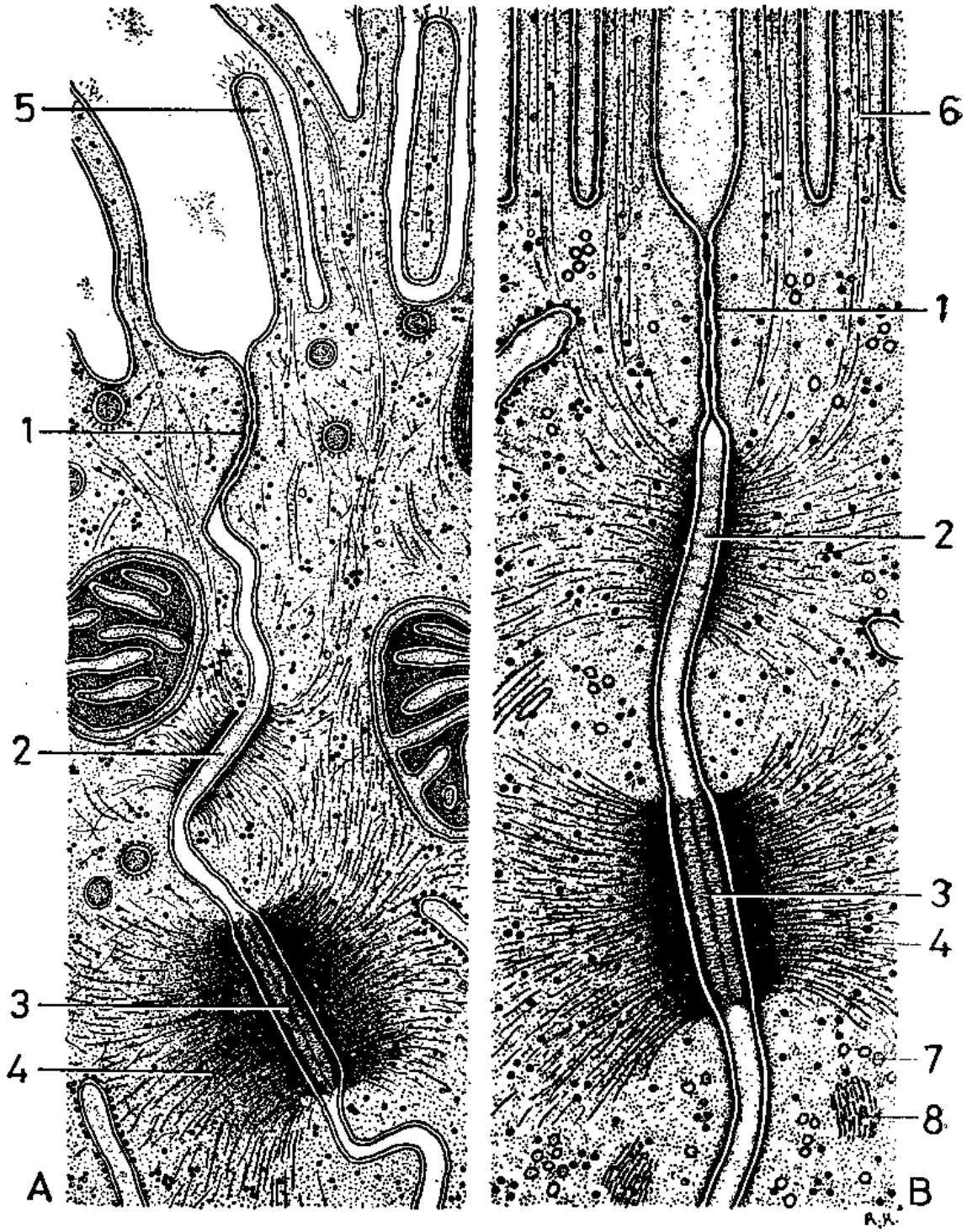
在最上的复合体,即闭锁小带(1),邻接细胞的膜只在某几点上融合。闭锁小带之下是粘着小带(2)。粘着小带在质膜之下有一个致密的,更加嗜锇的区域。纤细的张力丝由该区经细胞顶极的终网突向微绒毛。

连接复合体的第三种成分是桥粒或粘合斑(3)。这些是由两部分组成的结构,每一半都是由两个邻接细胞中的一个提供的,并作为张力丝束(4)(图版 109)的附着位置。半桥粒之间的间隙由一种富于糖蛋白的粘着性物质占据,具有横行细丝。注意 A 图中分枝的细胞质突起或细胞枝突(cytofila, A5)(图版 171); B 图中的微绒毛(B6)(图版 100 和 101)以及呈横切面的微管束(B7)、微丝束(B8)。

放大: A × 75,000; B × 120,000

参　考　文　献

Staehelin, L. A.: Structure and function of intercellular junctions. *Int. Rev. Cytol. 39*. 191-283 (1974)
Wade, J. B.: The structure of the zonula occludens. *J. Cell Biol. 60*, 168—180 (1974)


5
1
2
3
4
A
6
1
2
3
4
7
8
B

图版 111　细胞间连接。闭锁小带。（大鼠空肠上皮细胞的冷冻蚀刻标本）

闭锁小带（A1）（图版 1 和 109）像一条带子包围细胞，完全封闭了细胞间隙，同时也增强了细胞层的结合。冷冻蚀刻技术揭示了这个区的复杂特征。

A. 两邻接的小肠上皮细胞（A 2、A 3）的冷冻碎裂标本，细胞（A 3）仅一小部分还在原位。背后细胞（A 2）的闭锁小带呈现为一网状排列的低嵴（A 4），与覆盖细胞（A 3）的吻合沟（A 5）相配合。注意许多破碎的微绒毛（A 6）和细胞间隙（A 7）。

B. 图解嵴网和沟网的一个简化模型（引自 Staehelin，1973）。闭锁小带的椭圆形颗粒或紧密连接成分（B 1）牢固结合邻接细胞的细胞膜（B 2 和 B 3）。质膜（B 3）的内层部分再切开，并拉到一边，这样就看到椭圆形的紧密连接成分从保留层上伸出来，作为吻合嵴的亚单位（B 4）。椭圆形成分的顶端被附着到细胞膜的内层上，从而形成网沟（B5）的型式。

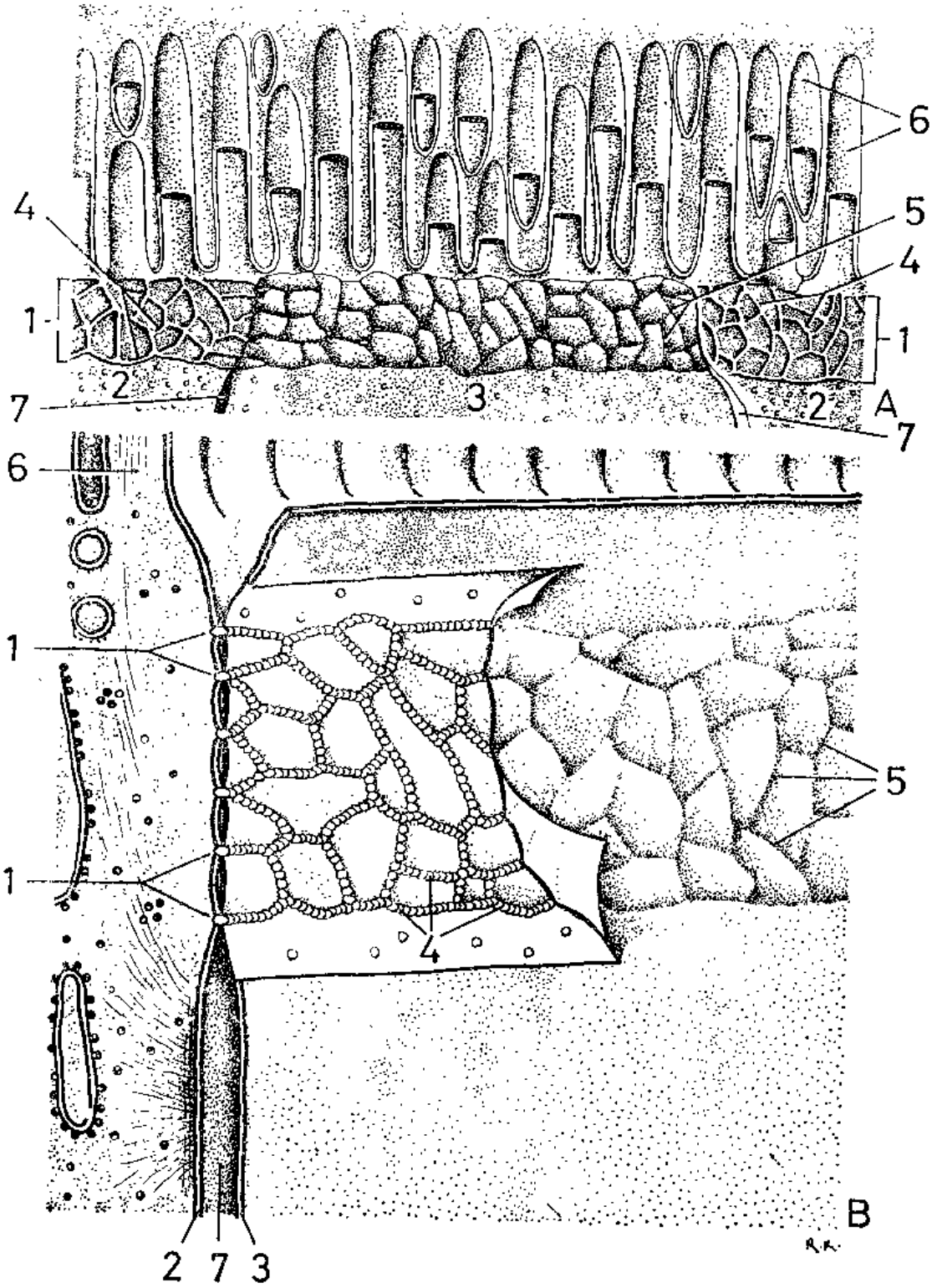
放大：A × 25,000；B × 140,000

参　考　文　献

Claude. P., Goodenough, D. A.: Fracture faces of zonulae occludentes from "tight" and "leaky" epithelia *J Cell Biol. 58*, 390—400 (1973).

Luciano. L., Wermbter, G., Reale, E.: Die Feinstruktur der Gallenblase und der Gallengänge. III. Beobachtungen an gefriergeätzten Präparaten der Gallenblase der Maus unter besonderer Berückaichtigung der dichten Körper und des Verbindungskomplexes. *Cytobiologie 7*, 76—88 (1973)

Staehelin. L. A.: Further observations on the fine structure of freeze-cleaved tight junctions. *J. Cell Sci. 13*, 763—786 (1973)

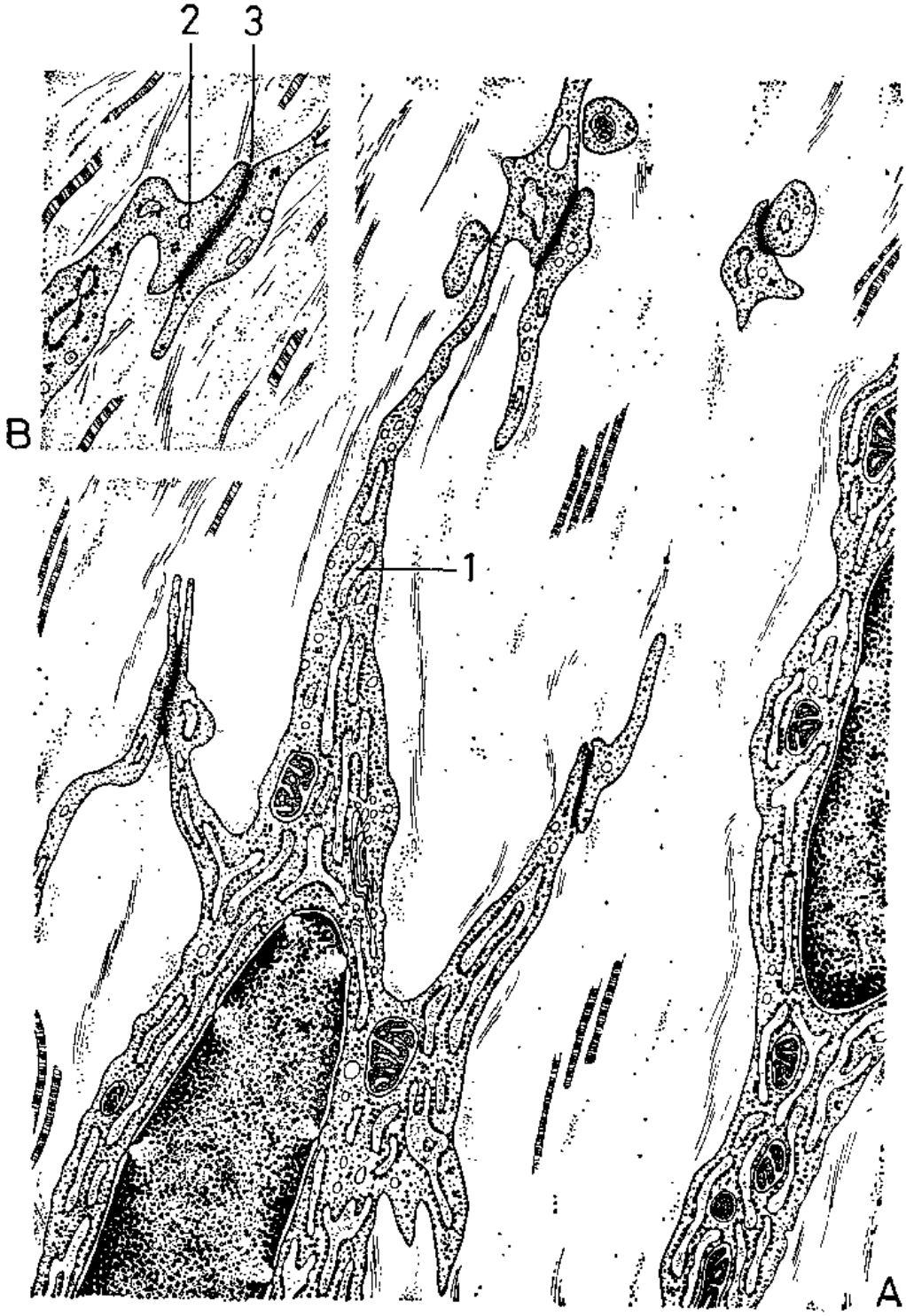

6
4
5
4
1
1
2
3
2
A
7
7
6
1
5
1
4
B
2 7 3

图版 112　细胞间连接(大鼠疏松结缔组织的纤维细胞)

在胚胎发育的早期，各种型式的细胞间连接就形成了。细胞通过糖盏彼此接触和识别(图版 93)。

在本例，结缔组织细胞（纤维细胞）通过细长的胞质突起（A 1）互相连接。它们的末端可形成宽足样接触点（B2），此处细胞膜通过紧密连接，更常见的是通过缝隙连接(B 3)而融合。这样不仅加强了细胞的联合，而且也执行了细胞间传递信息的功能。

放大：A×16,000；B×25,000


2
3
B
1
A

图版 113　细胞间连接。闭锁小带和融合膜的比较

A. 闭锁小带是具有明显的五层的接触点。线 1 和线 5 是面向胞质基质的单位膜层。在闭锁小带平面，质膜的外层（A 3）在不同的点上被融合（图版 110），线 2 和线 4 相当于两单位膜的脂类层。

B. 融合膜，或缝隙连接，有七层。并列的细胞膜（1—3 和 5—7）在这儿不融合，而是被一个宽 20—40 Å 的缝隙（B 4）隔开。线 2 和线 6 是两单位膜的脂类层。

C. 当在固定组织期间加入的示踪剂（如硝酸镧）有进入缝隙连接的特性时，就在切线切面上显示出约 90 Å 大小一致的六角形排列的颗粒（C1）。

D. 同样，借助冷冻蚀刻技术，也可证明融合膜内存在着这种颗粒。本图显示质膜的撕裂面 P 和 E（图版 85）以及一个相当于缝隙连接的区域（图版 109）。注意 E 破裂面上的小凹坑（箭头）和 P 破裂面上的 80—90 Å 大小的颗粒（D1）。两者排列成一致而互补的六角形型式。

放大：A 和 B×110,000；C×150,000；D×90,000

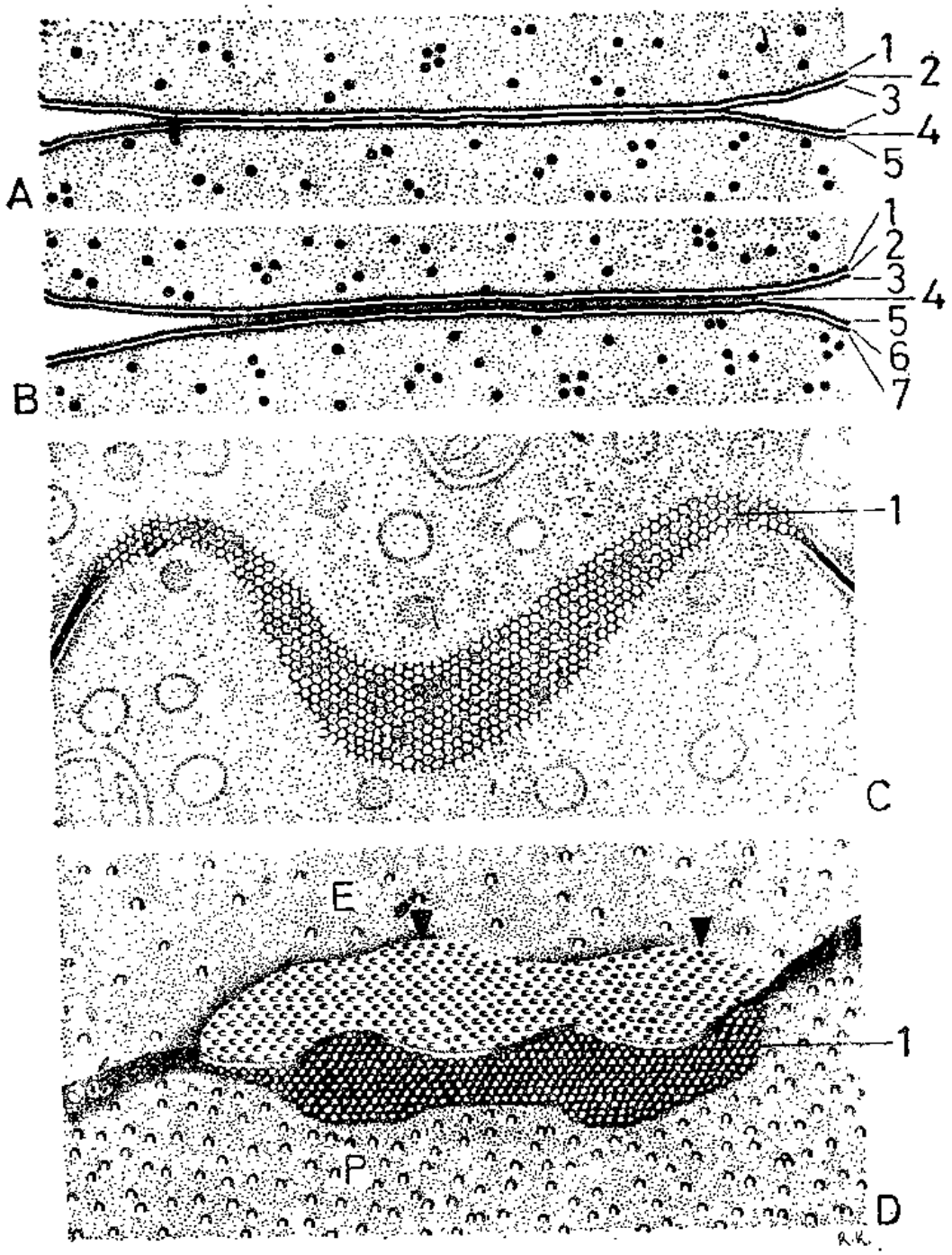
参　考　文　献

Chalcroft, J. P., Bullivant, S.: An interpretation of liver cell membrane and junction structure based on observation of freeze-fracture replicas of both sides of the fracture. J. Cell Biol. 47, 49–60 (1970)

Garant, P. R.: The demonstration of complex gap junctions between the cells of the enamel organ with lanthanum nitrate. J. Ultrastruct. Res. 40, 333–348 (1972)

Lickfeld, K. G., Achterrath, M., Hentrich, F.: The interpretation of images of cross fractured frozen-etched and shadowed membranes. J. Ultrastruct. Res. 38, 279—287 (1972)

Revel, J. P., Karnovsky, M. J.: Hexagonal array of subunits in intercellular junctions of the mouse heart and liver. J. Cell Biol. 33, C7–C12 (1967)


A
1
2
3
4
5
B
1
2
3
4
5
6
7
C
1
D
E
P
1
R.K.

图版 114　细胞间连接。融合膜。(大鼠的心肌纤维)立体图象

闰盘(1)标志着心肌细胞的分界。它们像楼梯一样伸展并横过心肌纤维(2)，且由两部分组成：平行于肌原纤维(3)的纵行直部连接波状的横段。纵段以融合膜(4)形式为主。本图版中，肌纤维的一部分被去掉，以便暴露分布在融合膜表面的颗粒（图版 113，D)，肌丝并没有附着到融合膜上。

闰盘的绝大部分横部被粘合小带(5)和桥粒(6)占据。肌动蛋白丝插入这两种结构中。右上方的横部被分开，以便清楚地显示保证细胞间接触的精细嵌合(7)。还应注意T小管的开口。

融合膜是一个对传递生物电信息和代谢信息阻力特别低的细胞膜区域。

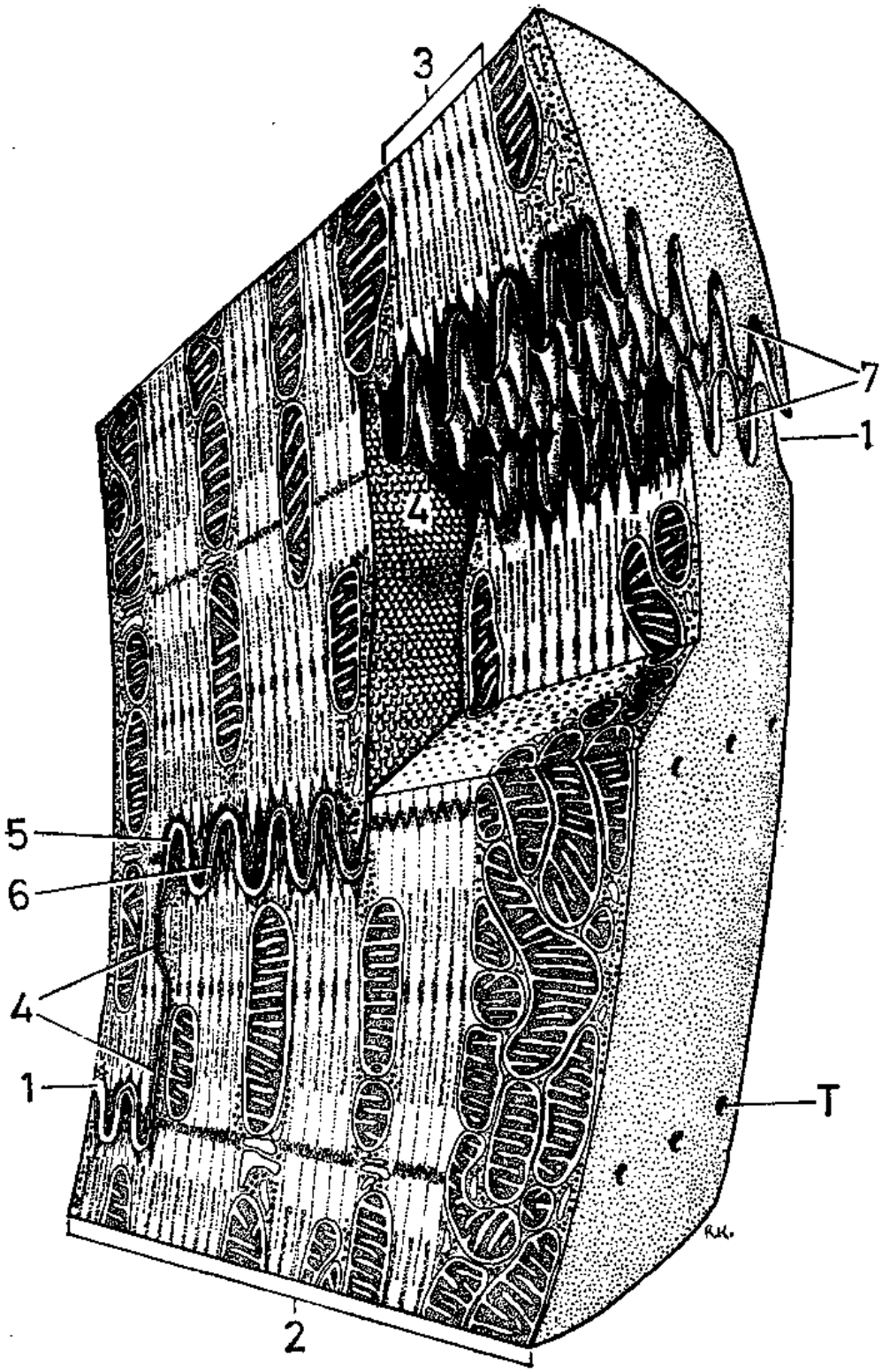
放大：×20,000

参　考　文　献

McNutt, N. S., Weinstein, R. S.: The ultrastructure of the nexus. A correlated thin-section and freezecleave study. *J. Cell Biol. 47*, 666—688 (1970)

Page, E., McCallister, L. P.: Studies on the intercalated disk of rat left ventricular myocardial cells, *J. Ultrastruct. Res. 43*, 388—411 (1973)

Steere, R. L., Sommer, J. R.: Stereo ultrastructure of nexus face exposed by freeze-fracturing. *J. Microsc. 15*, 205—218 (1972)


3
7
1
4
5
6
4
1
T
2

图版 115　细胞间连接。桥粒。（人表皮的颗粒细胞层和大鼠的后腮体）

A. 桥粒（A 1）是细胞膜的特化装置，在维持细胞联合方面特别重要。

每个桥粒由相邻细胞的两个半桥粒或附着斑（A 2）组成。半桥粒是覆盖着致密细胞质的圆形到椭圆形的质膜区域。张力丝襻（A 3）插入附着斑内，而它们的游离端呈束，即称为张力原纤维（A 4），向后突回细胞内部。

在桥粒的两个半桥粒之间是一种致密的、粘着性物质，含有一电子致密层（箭头），已在图版 110 上示出。

细胞分界之间的广泛嵌合大大地增加了组织的机械强度。被张力细丝束围绕的黑点是透明角质颗粒(5)。

B. 桥粒的大小和数目与细胞的机械需要一致。在后腮体（它在哺乳动物已退化，并很少损坏），桥粒（B 1）小，并几乎完全被限制在胞突（B 2）的顶端。

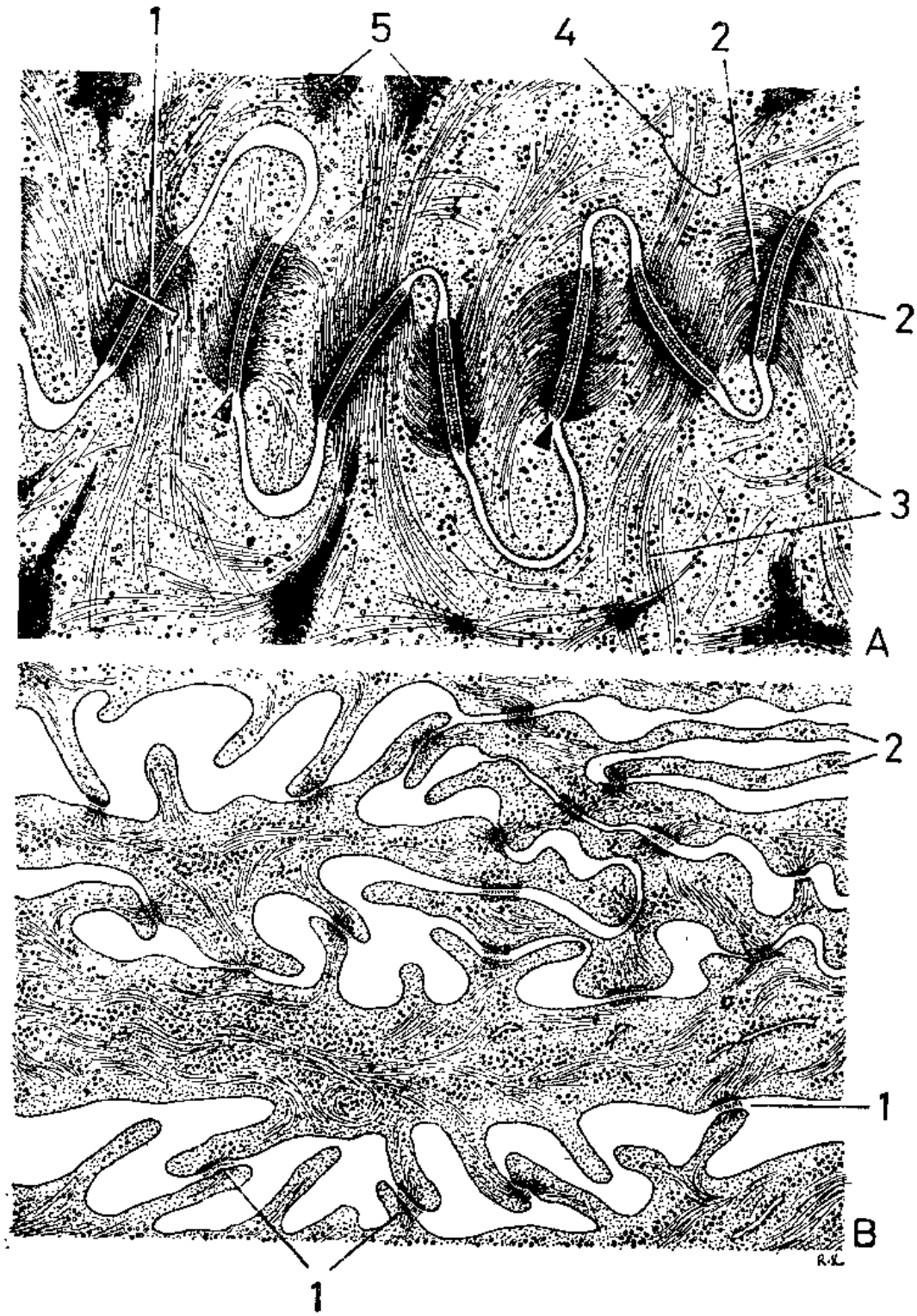
放大：A×50,000；B:×38,000

参　考　文　献

Allen, T. D., Potten, C. S.: Desmosomal form, fate, and function in mammalian epidermis. *J. Ultrastruct. Res. 51*. 94—105 (1975)

Parakkal, P. F.: An electron microscopic study of esophageal epithelium in the newborn and adult mouse. *Am. J. Anat. 121*, 175—196 (1967)

Snell, R. S.: The fate of epidermal desmosomes in mammalian skin. *Z. Zelljorsch. 66*, 471—487 (1965)


1
5
4
2
2
3
A
2
1
B
1

图版 116　细胞间连接(人表皮的棘细胞层)

一种类型的细胞连接(常错误地叫做细胞间桥)的平面图和立体图分别以 A 和 B 图表示。

事实上,从一个细胞到相邻细胞的小桥在光镜下是可见的 (C, 箭头)。但是,电镜揭示它们不是桥,而是成对的细胞突起 (A 1 和 B 1),由细胞突起顶部的半桥粒 (A 2) 头对头相接。这些半桥粒被一种粘着物质 (A, 箭头) 联合而形成桥粒 (A 3 和 B 3)。无数张力丝 (A 4 和 B 4) 从桥粒上成束 (A 5) 放射出来,即光镜下所见的张力原纤维束 (C 5)。张力原纤维在细胞内交叉往来而增加了上皮的机械强度。

图 B 的右下方显示,具有附着斑的两个细胞突起被切线切开。注意发卡襻形的 (B 6) 张力丝 (B 4) 插在质膜下的致密层中。

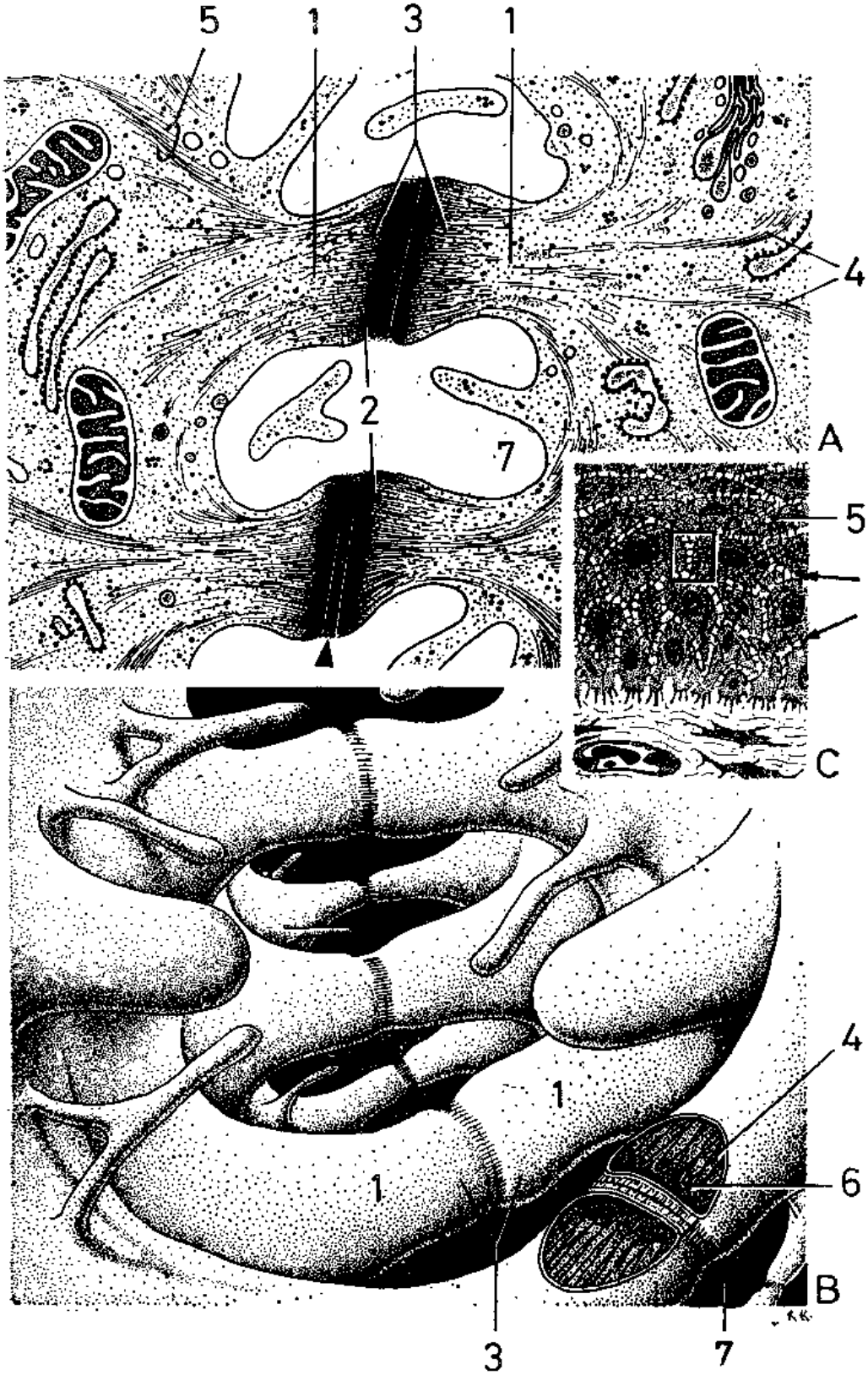
胞突相接处的界面小管 (A 7 和 B 7) 明显地大。在厚的、无血管组织中,如表皮,它们则执行毛细血管的功能。

放大: A 和 B ×27,000; C×750

参　考　文　献

Breathnach, A. S.: An atlas of the ultrastructure of human skin. London: Churchill 1971

Kelly. D. E.: Fine structure of desmosomes, hemidesmosomes, and an adepidermal globular layer in developing new epidermis. *J. Cell Biol.* 28, 51--72 (1966)


5
1
3
1
4
2
7
A
5
C
4
1
1
6
3
7
B

图版 117　细胞间连接(人精子细胞间的细胞间桥)

真正的细胞间桥存在于来自同一个亲代细胞并同时进行分裂的细胞之间。本图版中,两个精子细胞(1)被一个约 1—2 微米宽的细胞间桥连接(2),形成一合胞体。连接桥的密度略高于其余的胞质基质。支柱细胞的胞突(3)存在于空隙之中。合胞体是一种暂时的结构,因为在精子形成过程中,精子细胞一旦独立,细胞间桥就断了。

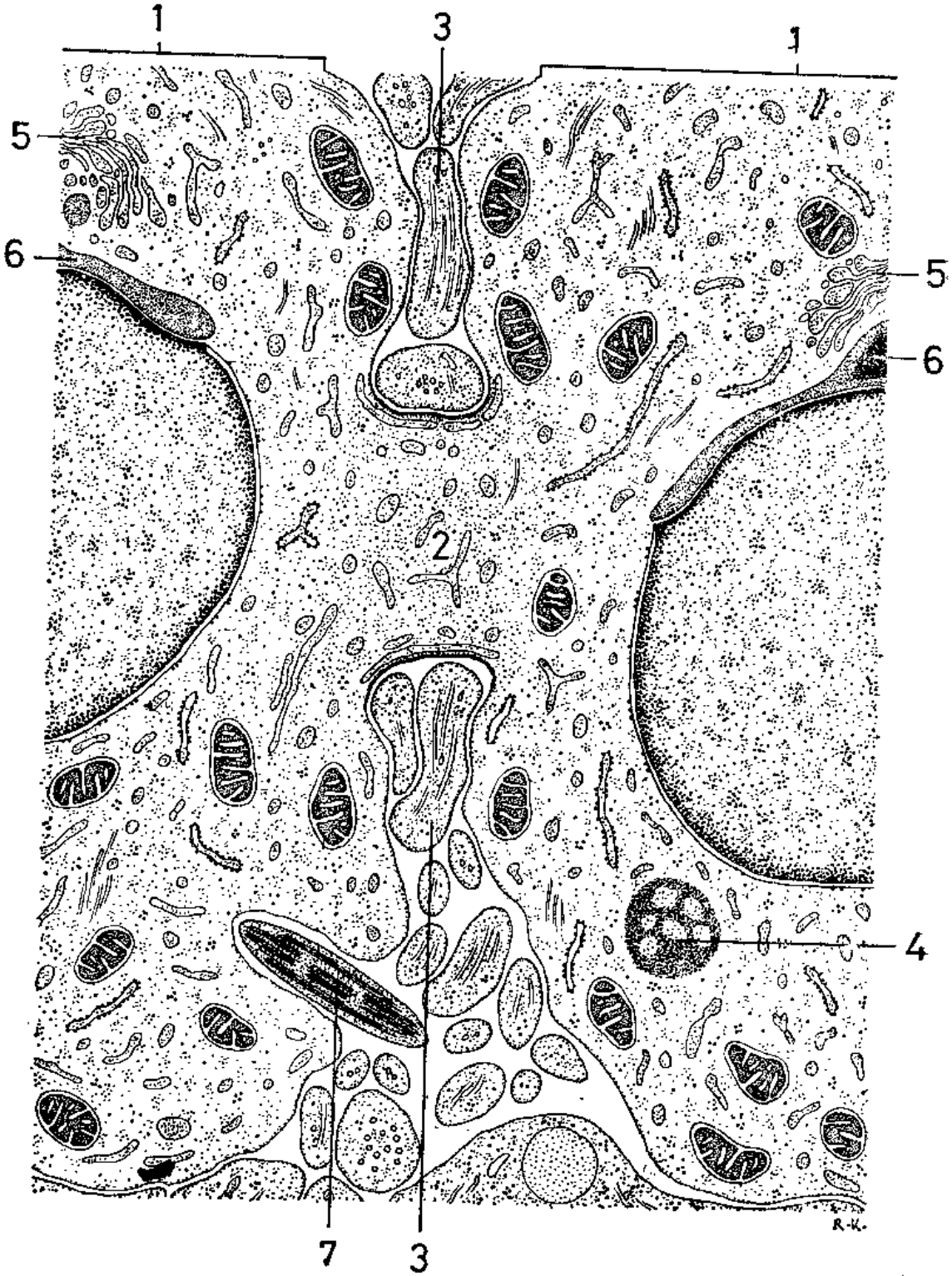
类染色小体(4)是一种致密的聚集物,它产生精子颈部的几种结构成分(图版 4 和 14)。核的上部是高尔基器(5)和顶体帽(6)(图版 34)。注意在图的近下部,呈斜切面的精子的尾部(7)。

放大: ×18,000

参　考　文　献

Fawcett, D. W.: Intercellular bridges. *Exp. Cell Res.* [Suppl.] 8. 174—187 (1961)

Fouquet, J. -P.: La spermiation et la formation des corps résiduels chez le hamster: rôle des cellules de Sertoli. *J. Microsc.* (Paris) 19. 161-168 (1974)


1
3
1
5
6
5
6
2
4
7
3
R-K.

图版 118　基底面的特化物(复层扁平上皮的基细胞。大鼠的舌和角膜)

基底层上皮细胞可以两种形式中的一种附着到其下的结缔组织上。

A. 大鼠舌的复层扁平上皮局部的超微结构细节。被包在基板 (A 2) 内的许多小的基细胞突起 (A 1) 伸展在网状 (A 3) 和胶原微纤维 (A 4) 之间。以此把表皮固定到真皮上。注意上皮细胞内的许多张力丝 (A 5)。

B. 角膜的未角化复层扁平上皮细胞。细胞在基底面没有把胞突伸展到上皮下间隙内 (B 1)，而在基底面上有大量的半桥粒 (B 2)，张力丝 (B 3) 由此突入到胞质基质内。在半桥粒和基板 (B 4) 之间还有另一种浓缩物 (B 5)，它帮助把上皮细胞固定到基板上。在上皮下边，网状 (B 6) 和胶原微纤维 (B 7) 又连接到基板上，从而加强了上皮对结缔组织的附着。

各种粘膜或排泄管的上皮细胞不易受到强的机械力影响，因而它们的基部附着装置是一种较简单的类型，如基网 (图版 102)。

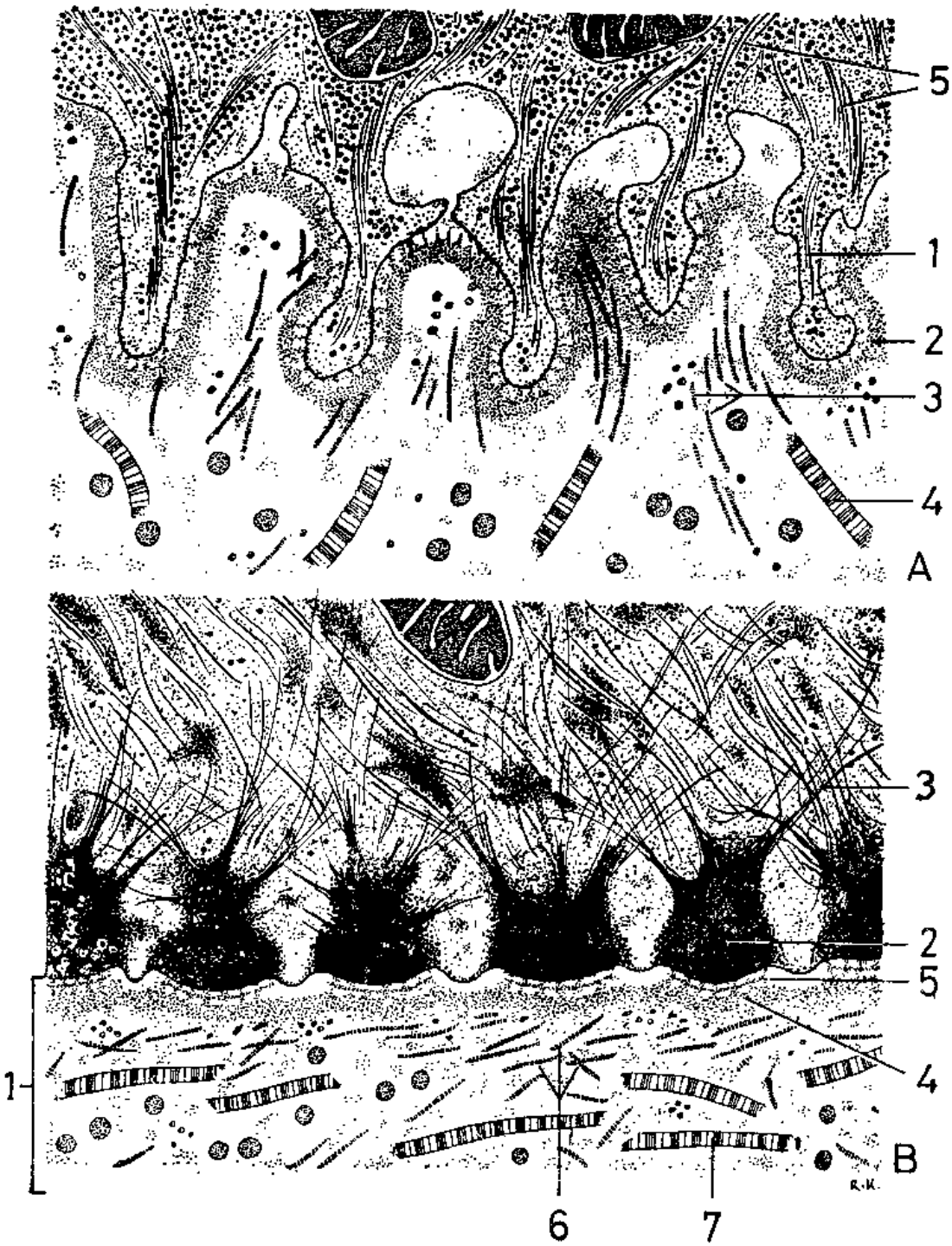
放大：A×55,000；B×50,000

参　考　文　献

Flickinger. C. J.: Extracellular specializations associated with hemidesmosomes in the fetal rat urogenital sinus. *Anat. Rec.* 168. 195—202 (1970)

Kelly. D.: The hemidesmosome: New fine structural features revealed by freeze-fracture techniques. *Cell. Tissue Res.* 172. 289—307 (1976)

Krawczyk. W. S.: Wilgram. G. F.: Hemidesmosome and desmosome morphogenesis during epidermal wound healing. *J. Ultrastruct. Res.* 45, 93—101


5
1
2
3
4
A
3
2
5
1
4
B
6
7

图版 119　突触(大鼠的大脑皮质神经元)

把冲动从一个神经元传递到另一个神经元或一个效应器的细胞间连接叫做突触。

典型的神经元具有一个大的细胞核,内含一个体积大的核仁。它们有两种突起,即一条轴突(1)和几条树突(2),其中,只有一条树突横过本图版切面。这两种突起之间的区别在于树突内有尼氏体(3)(图版 44 和 45),而轴突内没有。但是两者都含有线粒体(4),神经小管(5),神经丝(6)和平滑池(7)。细胞周围有几个突触(8),其它神经元的轴突终止于此。

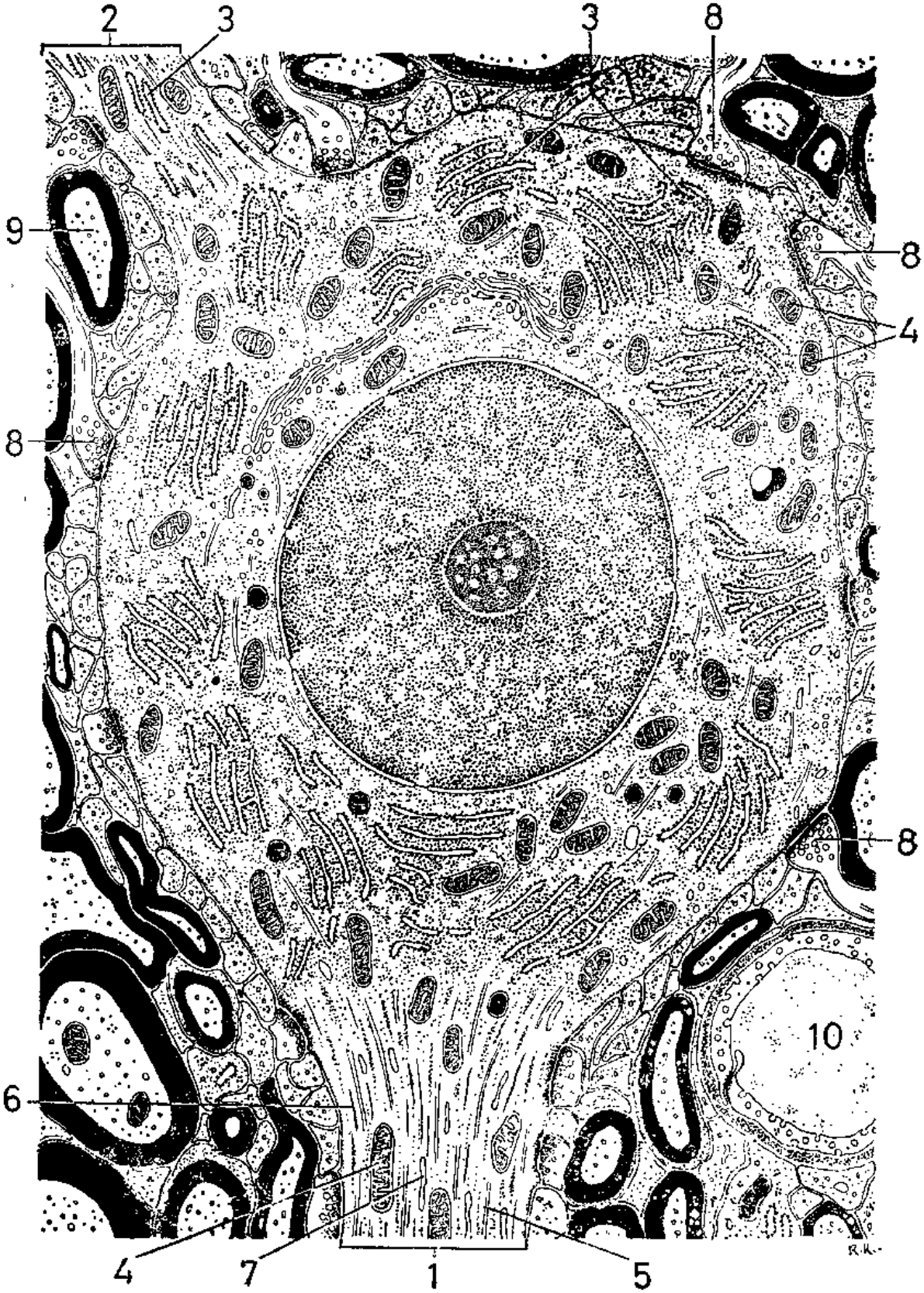
神经元周围的黑环是有髓神经纤维 (9) (图版 87 和 88)。注意在右下方的毛细血管(10)。

放大: ×7,500

参　考　文　献

Jones, D. G.; Dittmer, M. M., Reading, L. C.: Synaptogenesis in Guinea-Pig Cerebral Cortex: A Glutaraldehyde-PTA Study. *Brain Res.* 70, 245—259 (1974)

Van der Loos, H.: Fine structure of synapses in the cerebral cortex. *Z. Zellforsch.* 60. 815—825 (1963)


2
3
3
8
9
8
4
8
8
10
6
4
7
1
5

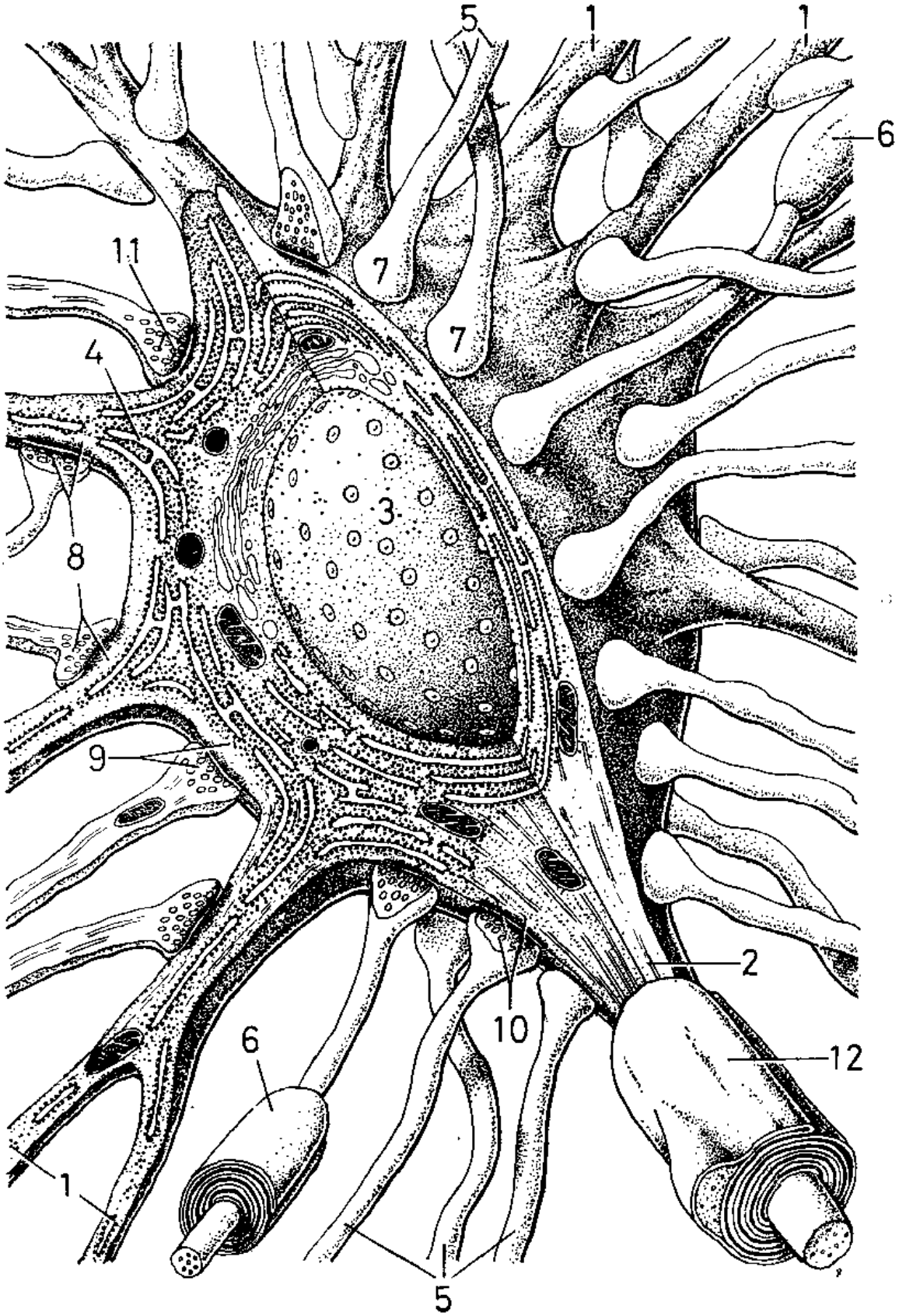
图版 120　突触。一个神经元的立体图象

一个神经元有几个树突(1)和一个轴突(2)。胞体内有核(3)和细胞器，可见动质只延续到树突内。大量的其它神经元的轴突(5)会聚到细胞上，并在与树突、胞体（核周体）和轴突以终末膨大或突触扣（7）的形式形成接触前先失去它们的髓鞘（6）。如此就建立了轴树突触(8)、轴体突触(9)和轴轴突触（10)。终扣内有突触小泡（11)。轴突离开胞体不远就被一层髓鞘(12)所包裹（图版 89)。

放大：×5,000

参　考　文　献

Tomlinson. J. D. W.: The neurone. In: The cell in medical science. Beck. F., Lloyd, J. B. (eds.), Vol. 2pp. 351—384. London. New York: Academic Press 1974


5
1
1
6
11
7
7
4
3
8
9
2
10
12
6
1
5

图版 121　轴体突触(大鼠脊髓的多极神经元)

A. 多极神经元的光镜观。当尼氏体 (A 1) 明显吸附碱性染料时，就不能辨别突触。长方形区域的超微结构显示于 B 图。

B. 突触前轴突 (B 1) 的"终扣"与神经元胞体的接触。四个突触的每一个均由一个含有圆形突触小泡 (B 2) 的突触前部，一个狭窄的突触间隙(箭头)和一个突触后部 (B 3) 组成。注意神经元的线粒体 (B 4) 和丰富的动质 (B 5)。

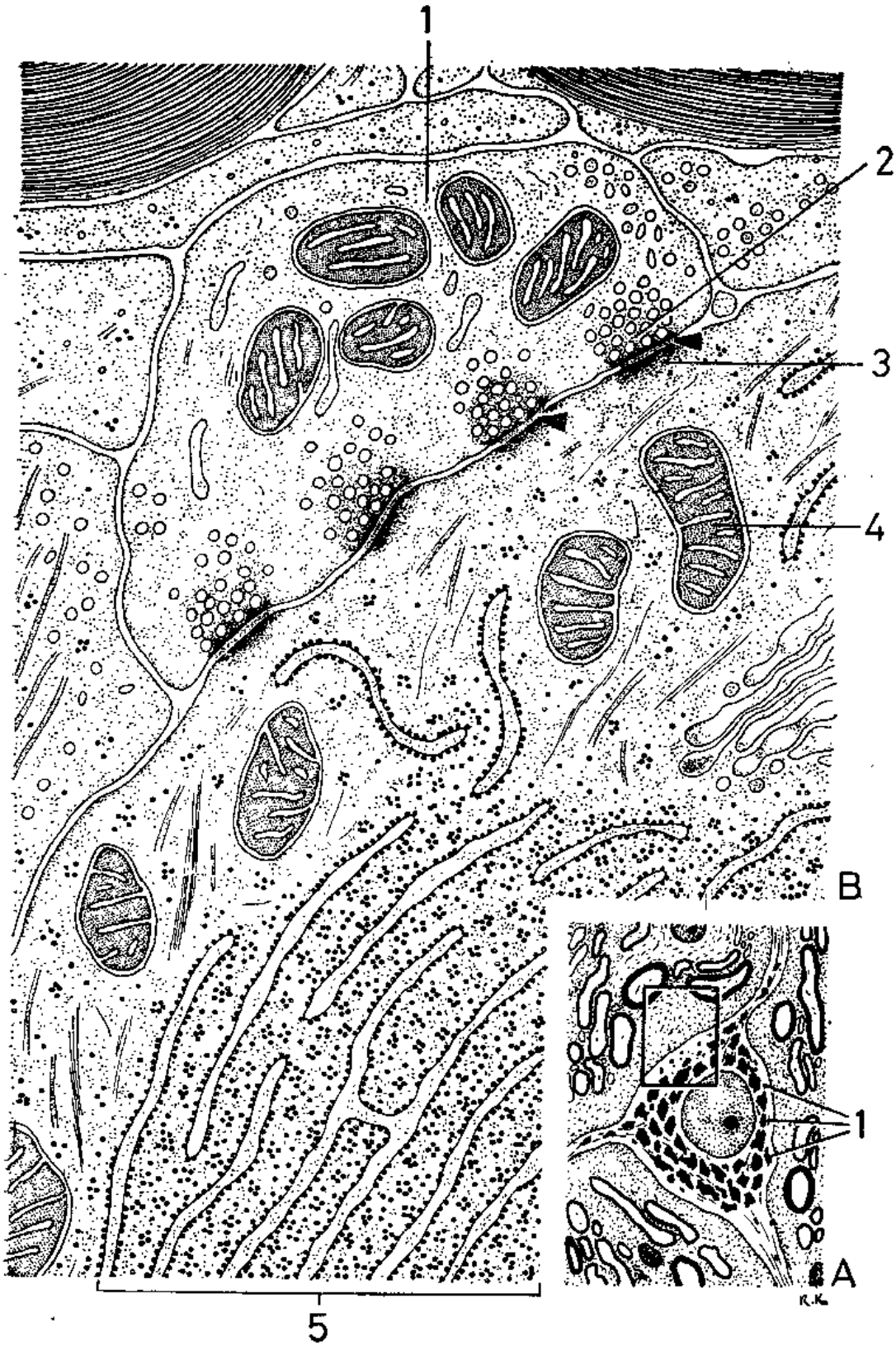
放大：A×750；B×40,000

参　考　文　献

Chan-Palay, V.: The cytology of neurons and their dendrites in the simple mammalian nucleus lateralis. *Z. Anat. Entwicklungsgesch.* 141, 289—317 (1973)

Gray, E. G.: The synapse. In: The cell in medical science. Beck, F. Lloyd, J. B. (eds.). Vol. 2, pp. 385—416. London. New York: Academic Press 1974

Gray, E. G., Guillery, R. W.: Synaptic morphology in the normal and degenerating nervous system. *Int. Rev. Cytol.* 19. 111—182 (1966)


1
2
3
4
B
1
A
R.K.
5

图版 122　轴树突触(大鼠的大脑皮质)

如图版 119 和 121 所示，轴突(1)在化学突触的平面处形成一个很小的膨大。这就是终扣，内含众多的直径大约 500 Å 的突触小泡(2)、神经微丝(3)、滑面池(4)和线粒体(5)。神经微管 (6) 比神经丝 (3) 终止在更近端处。电镜观察所见的清亮的或中空的突触小泡含有神经递质乙酰胆碱。在某些终扣内，较大的具有嗜锇核心的小泡 (7) 已被证实含有 5-羟色胺(血清素)。

突触前膜(8)和突触后膜(9)被一宽为 200 Å 的突触间隙(10)分开。在间隙内和两膜的外面有细粒状和丝状的嗜锇物质。

注意在树突(11)内有粗面内质网池(12)。

在中枢神经系统内还有另外一些细胞的接触，诸如缝隙连接(图版 113)，没有突触小泡。它们起电突触的作用，此处质膜的特殊区域的电阻大大减低，从而可允许离子流自由通过。

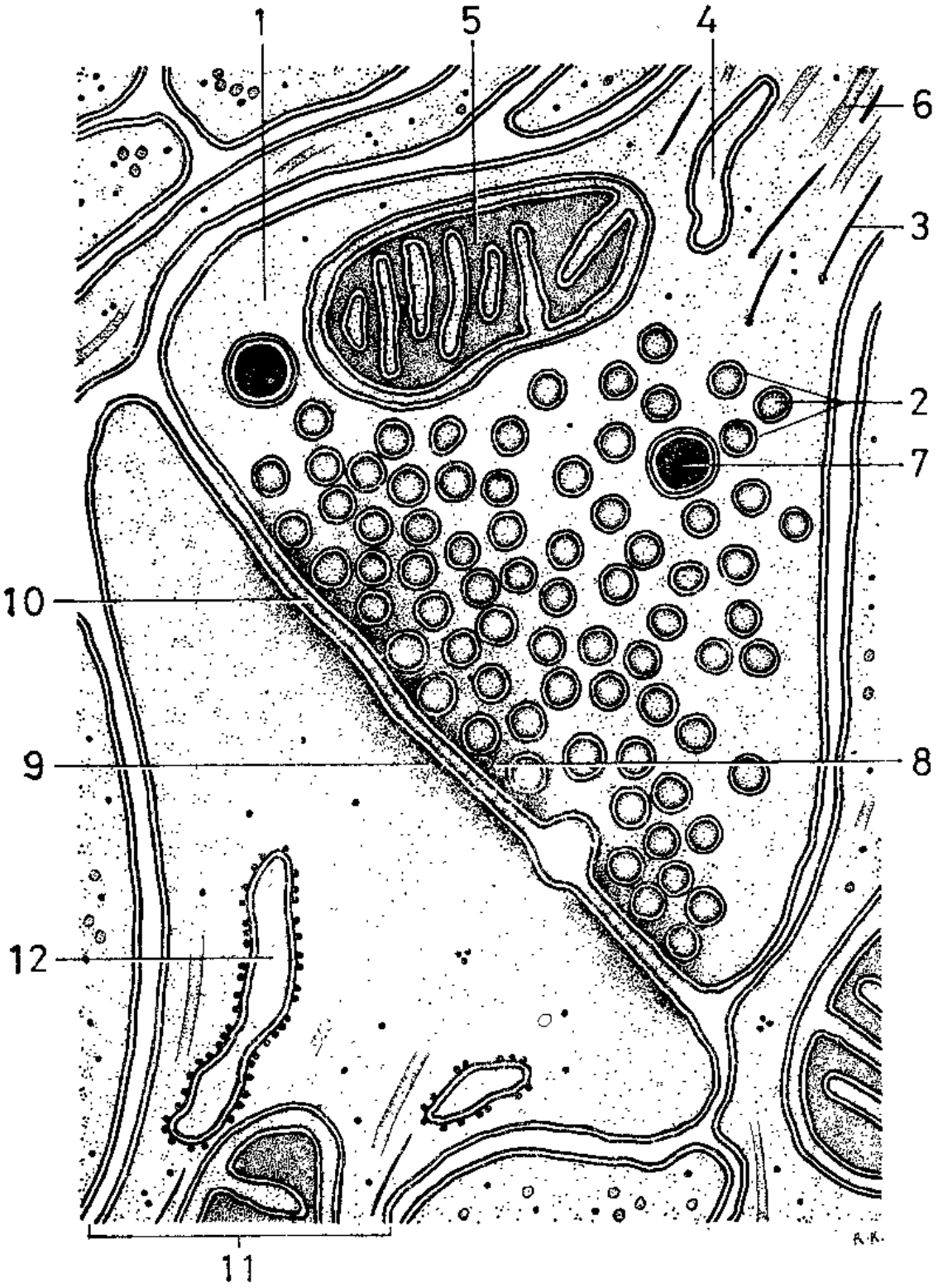
放大：×120,000

参　考　文　献

Bird. M. M.: Microtubule-synaptic vesicle associations in cultured rat spinal cord neurons. *Cell Tissue Res.* 168. 101—115 (1976)

Brightmann. M. W., Reese. T. S.: Junctions between intimately apposed cell membranes in the vertebrate brain. *J. Cell Biol.* 40. 648—677 (1969)

Dennison, M. E.: Electron stereoscopy as a means of classifying synaptic vesicles. *J. Cell Sci.* 8, 525—539 (1971)


1
5
4
6
3
2
7
10
9
8
12
11
A.K.

图版 123　突触(一个突触终扣的立体图解)

[引自 Akert, 1971]

终扣含有分枝状的滑壁小管(1)，带点状末端的神经丝(2)和神经微管(3)。切面中显示一个线粒体(4)和若干较小的突触小泡(5)。贴附于突触前膜(6)的致密物质(图版122)，从上方看时呈六角形格状(7)。当一个动作电位到达轴突末梢，突触小泡下沉到大约 500 Å 宽的格子的间隙内，并通过细小的扩散管道(8)把它们所含的递质排放到突触间隙里(9)，这样把冲动传到突触后膜(10)，然后从后膜扩散到整个细胞。另外终扣内有两个较大的小泡(11)。

虽然突触小泡的来源还不太清楚，可是有证据表明它们是从滑面内质网小管脱落形成的。

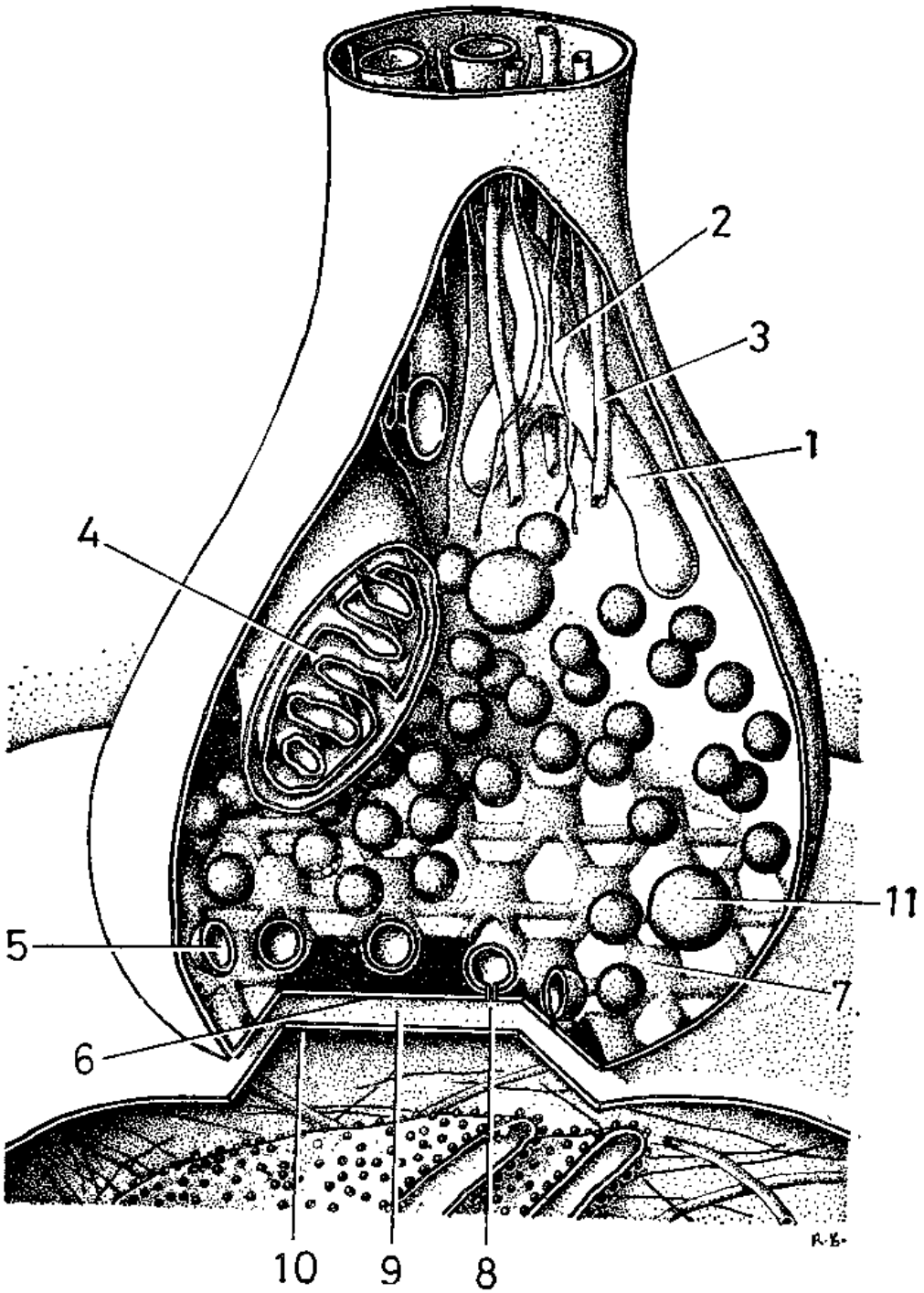
放大：×120,000

参　考　文　献

Akert. K.: Struktur und Ultrastruktur von Nervenzellen und Synapsen. *Klin. Wochenschr.* 49, 509–519 (1971)

Kadota. T., Kadota. K., Gray, E. G.: Coated-vesicle shells. particle chain material, and tubulin in brain synaptosomes. *J. Cell Biol.* 69. 608—621 (1976)

Poritsky. R.: Two and three dimensional ultrastructure of boutons and glial cells on the motoneuronal surface in the cat spinal cord. *J. Comp. Neurol.* 135. 423—452 (1969)


2
3
1
4
11
5
7
6
10
9
8

图版 124　突触(大鼠的小脑皮质)

小脑丝球是小脑皮质里突触特别丰富的区域。传入的苔藓纤维(1)和小颗粒细胞的树突(2),并和大颗粒细胞的轴突(3)形成突触。注意在苔藓纤维里有丰富的突触小泡和线粒体。突触前膜(4)和突触后膜(5)的浓集物明显可见。

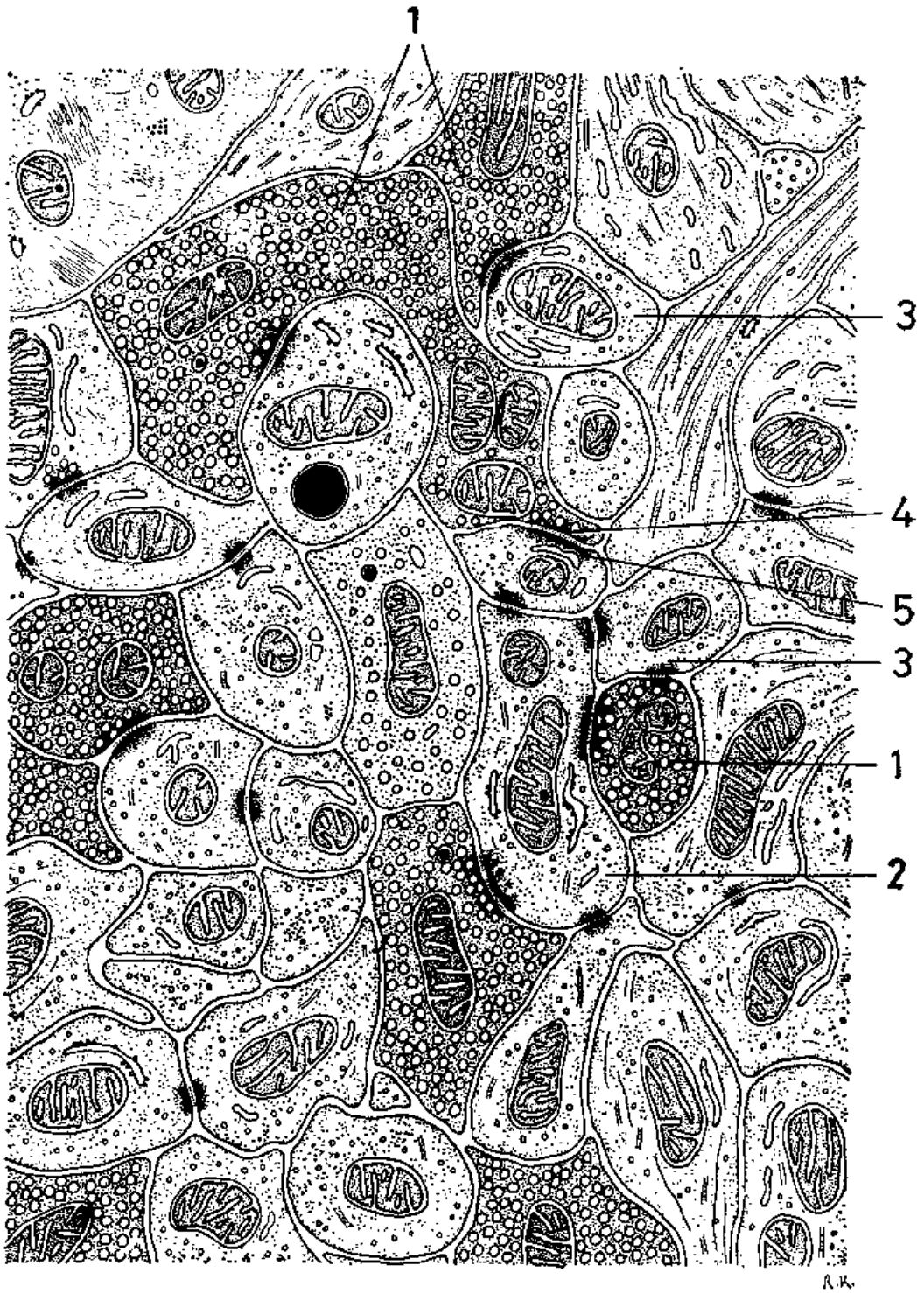
小脑丝球的突触构成小脑中神经元环路的组成部分。

放大：20,000

参　考　文　献

Bodian, D.: An electron microscopic characterisation of classes of synaptic vesicles by means of controlled aldehyde fixation. *J. Cell Biol.* 44, 115—124 (1970)

Chan-Palay, V.: Arrested granule cells and their synapses with mossy fibers in the molecular layer of the cerebellar cortex. *Z. Anat. Entwicklungsgesch.* 139, 11—20 (1972)


1
3
4
5
3
1
2

图版 125　树突的棘器(大鼠的小脑皮质)

突触的一种形态学上特殊的类型,即所谓棘突触。

A. 大鼠小脑皮质的一个浦肯野氏细胞 (A 1), 显示其精细的树枝状分枝 (A 2)。用适当的技术(镀银法),能在光镜下显示树突的分枝表面有很小的精细的棘。

B. 图 A 方框区的超微结构象, 显示一个树突 (B 2) 和若干树突棘 (B 3)。它们含有棘器,这是由 2—4 个滑壁的扁囊 (B 4) 间插着中等电子密度物质的带 (B 5) 组成的。

树突棘是和小颗粒细胞的轴突,即平行纤维 (6), 组成的突触性接触。它们的终扣和前述的终扣有相似的超微结构。它们含有突触小泡和清晰的突触前膜 (B 7) 及突触后膜的浓集物 (B 8)。

注意,除此之外,还有许多平行纤维 (B 9) 穿过,但没有形成接触。

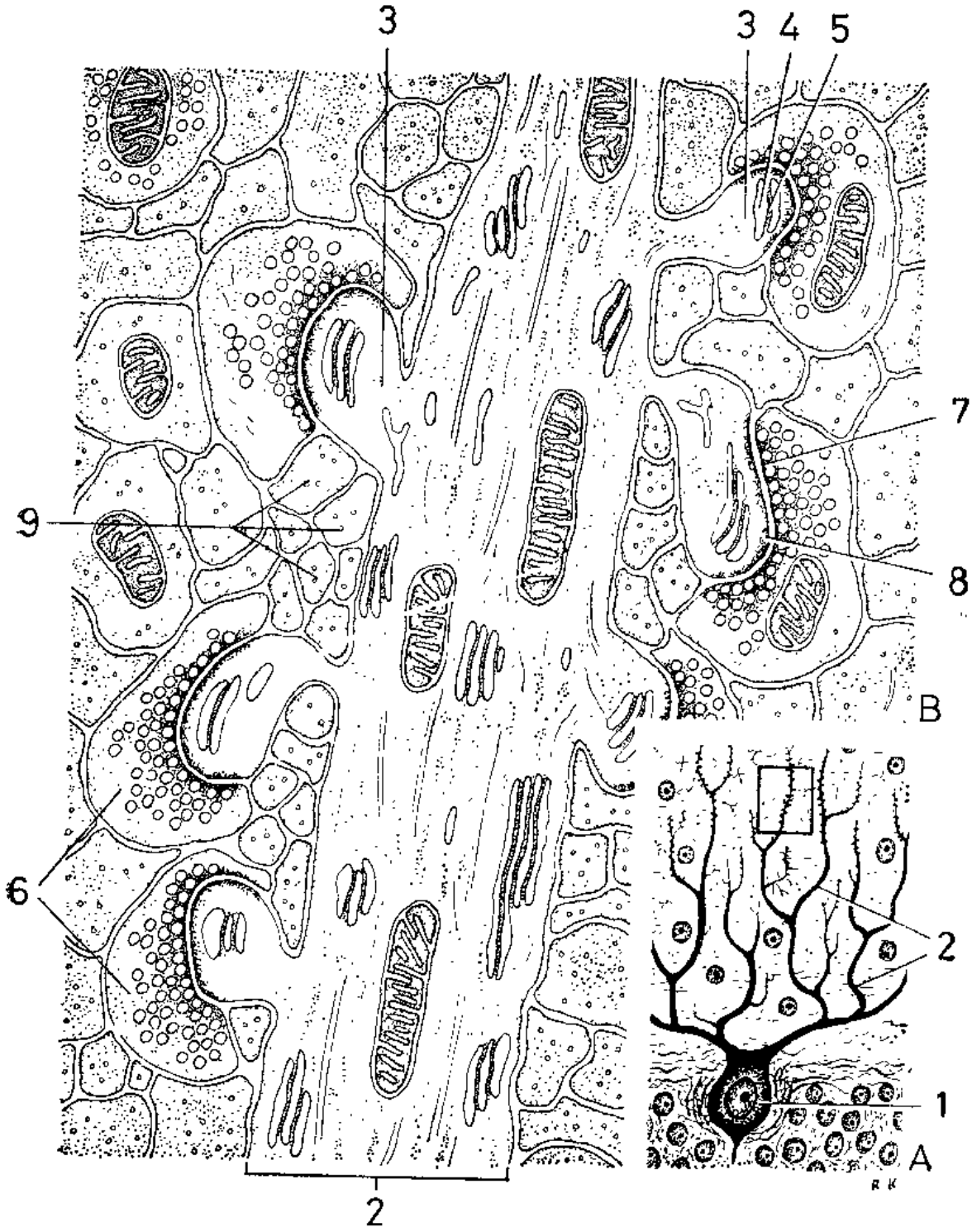
放大: A×450; B×38,000

参　考　文　献

Le Beux, Y. J.: An ultrastructural study of the synaptic densities, nematosomes, neurotubules, neurofilaments and of a further three-dimensional filamentous network as disclosed by the E-PTA staining procedure. Z. Zellforsch. 143, 239—272 (1973)

Hanna. R. B., Hirano. A., Pappas. G. D.: Membrane specializations of dentritic spines and glia in the weaver mouse cerebellum: A freeze-fracture study. J. Cell Biol. 68, 403—410 (1976)

Ptenninger. K. H.: Synaptic morphology and cytochemistry. Prog. histochem. cytochem. 5, 1—86 (1973)


3
3
4
5
7
9
8
B
6
2
2
1
A

图版 126　突触带(突触板层)。(大鼠的视网膜)

突触带见于视杆和视锥细胞的轴突内，并和视网膜外网状层里的双极细胞的树突形成突触，在横切面，它们呈短棒样结构(1)由纤细的丝(3)连接到致密的突触前膜(2)。可是连续切片显示出它们是一些被突触小泡围绕的半月形板层。

图的中心显示一个杆细胞(4)与双极细胞树突(5)及水平细胞树突(6)之间的一个突触。

注意光感细胞轴突内的大型线粒体(7)。它们供给突触小泡内合成递质所需的能量。递质的化学性质还不清楚。

放大：×40,000

参　考　文　献

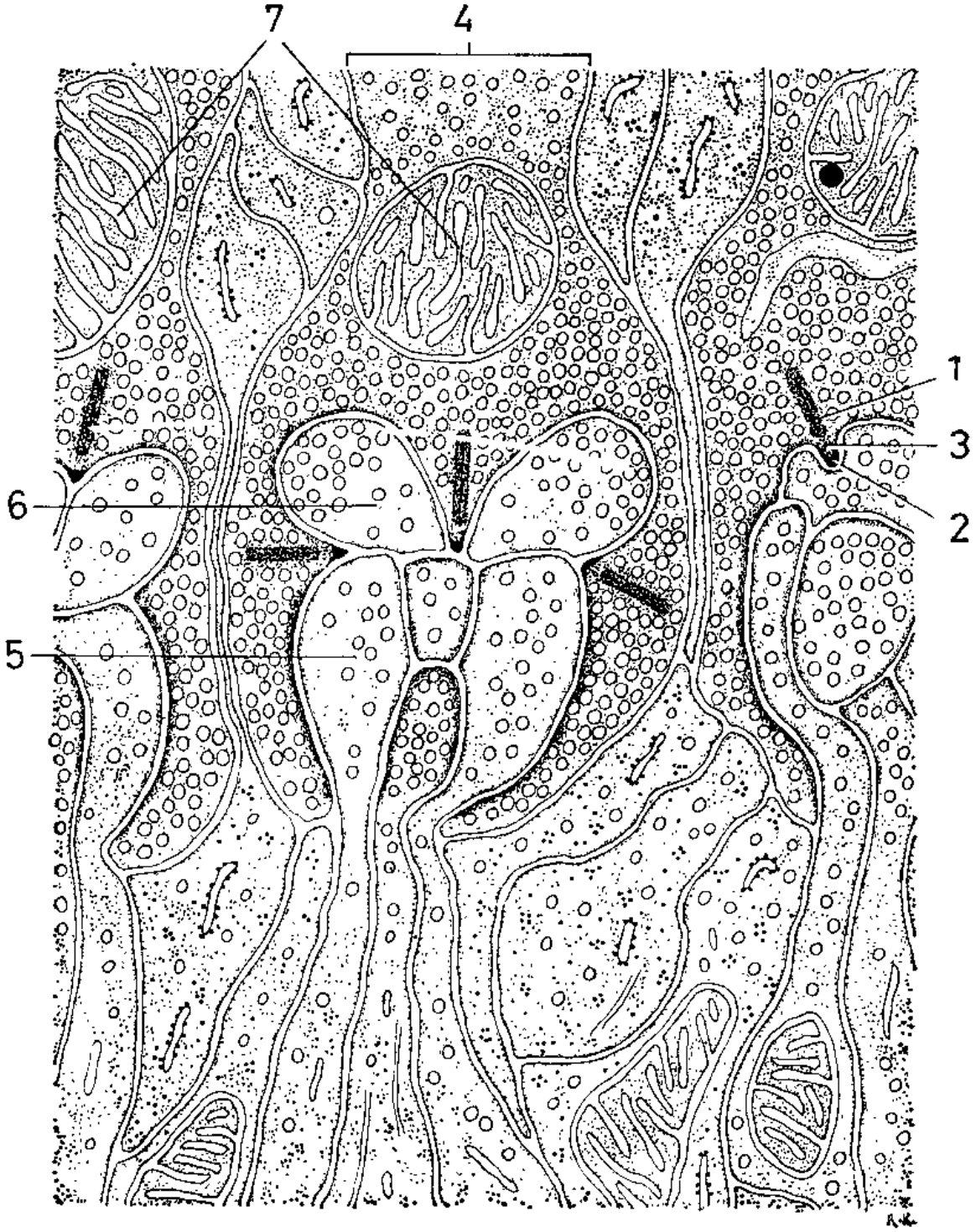
Gray, E. G.: Microtubules in synapses of the retina. *J. Neurocytol.* 5. 361—370 (1976)

Kolb. H.: The connections between horizontal cells and photoreceptors in the retina of the cat: Electron microscopy of Golgi preparations. *J. Comp. Neurol.* 155. 1—14 (1974)

Mountford, S.: Filamentous organelles in receptorbipolar synapses of the retina. *J. Ultrastruct. Res.* 10. 207—216 (1964)

Sjöstrand, F. S.: Ultrastructure of retinal rod synapses of the guinea pig eye as revealed by three-dimensional reconstructions from serial sections. *J. Ultrastruct. Res.* 2, 122—170 (1958)

Sjöstrand, F. S.: A search for the circuitry of directional selectivity and neural adaptation through three-dimenstonal analysis of the outer plexiform layer of the rabbit retina. *J. Ultrastruct. Res.* 49. 60 - 156 (1974)


7
4
1
3
2
6
5

图版 127　突触棒(大鼠的松果体细胞)

松果体的实质细胞从种系发生上说来自顶眼器官的感光细胞。所以哺乳动物的松果体细胞,即使不再执行直接感光成分的功能,也会含有突触带或更常见的是突触棒,就可以理解了。

A. 突触棒和邻近的突触小泡在细胞质内呈游离状态(A 1)或者和质膜紧贴(A 2)。它们也常成群出现(A 3)。

B. 相当 A 图方框部分的放大象。

在纵切面,突触棒为长 1800—3200 Å 和宽约 350 Å 的嗜锇结构(B 4),它具有一中央丝(B 5)。突触小泡(B 6)被单位膜包裹,直径从 400 到 800 Å 不等。

有证据表明突触带和突触棒引导突触小泡朝向质膜,从而在细胞间通讯中起作用。

哺乳动物中,突触棒也可见于考蒂氏器的感觉细胞。和本例一样,它们的功能还不清楚。

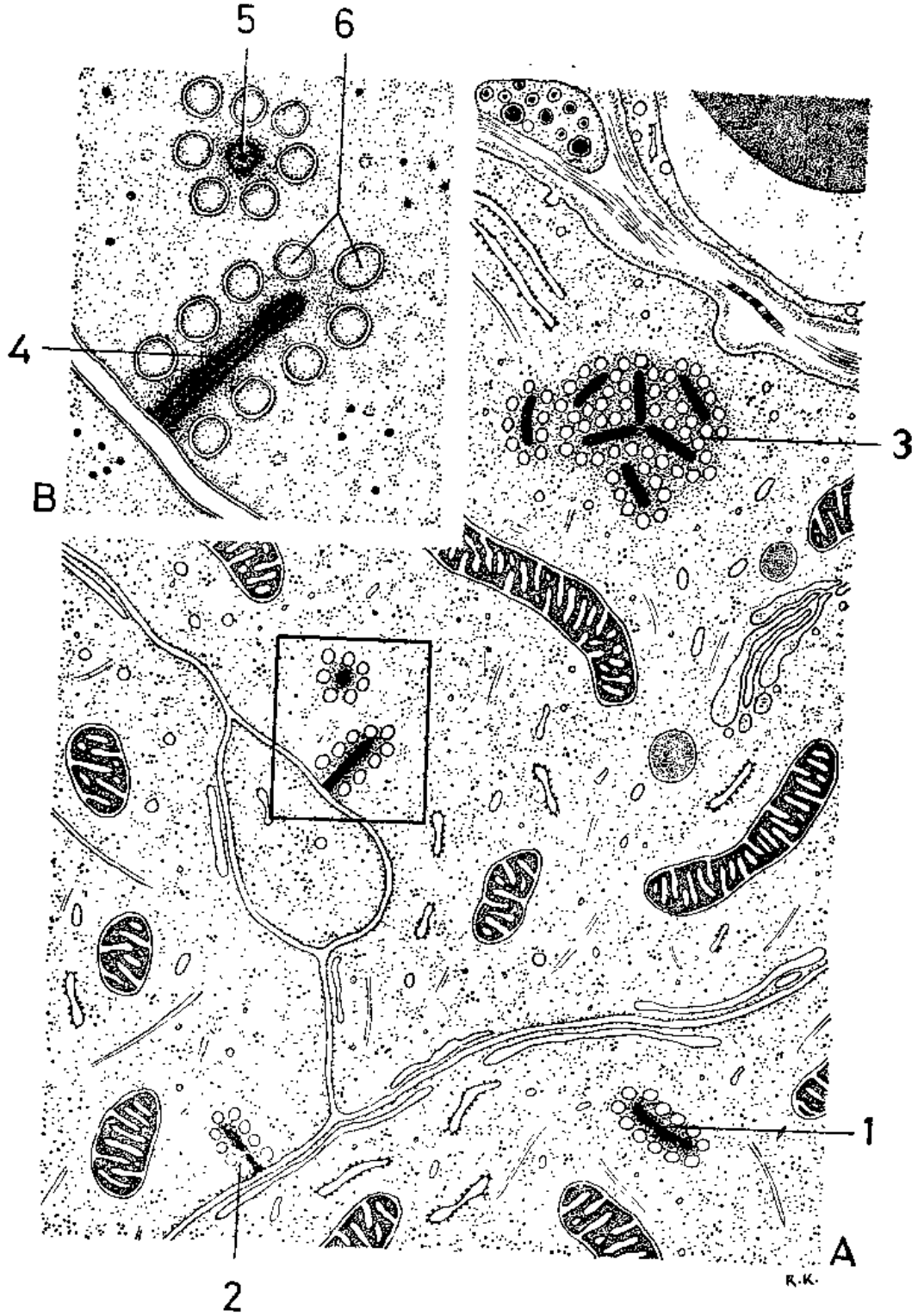
放大: A×28,000; B×90,000

参　考　文　献

Hilpsu, V. K., Arstila, A. A.: An apparent somatosomatic synaptic structure in the pineal gland of the rat. *Exp. Cell Res.* 37, 484—487 (1965)

Smith, C., Sjöstrand, F. S.: A synaptic structure in the hair cells of the guinea pig cochlea. *J. Ultrastruct. Res.* 5. 184—192 (1961)

Vollrath, L.: Synaptic ribbons of a mammalian pineal gland circadian changes. Z. *Zellforsch.* 145. 171—183 (1973)


5
6
4
3
B
1
2
A
R.K.

图版 128　突触棒和突触带。立体图象

A. 一个突触棒（A 1）显示它的中心部的大约 70 Å 粗的微丝（A 2）。一个突触棒周围大约有 50 个突触小泡（A 3）。有时突触棒附着到突触前质膜（A 4）上，使质膜出现一个很浅的凹形（A 5）。

B. 突触带是圆形或新月形（B 1），纤细的丝（B 2）将它连接到突触前膜上（B 3），有时突触棒也这样和突触前膜相连接。它的内部有一厚约 70 Å 的膜（B 4）。突触带周围有许多突触小泡（B 5），在电镜下呈中空状态。

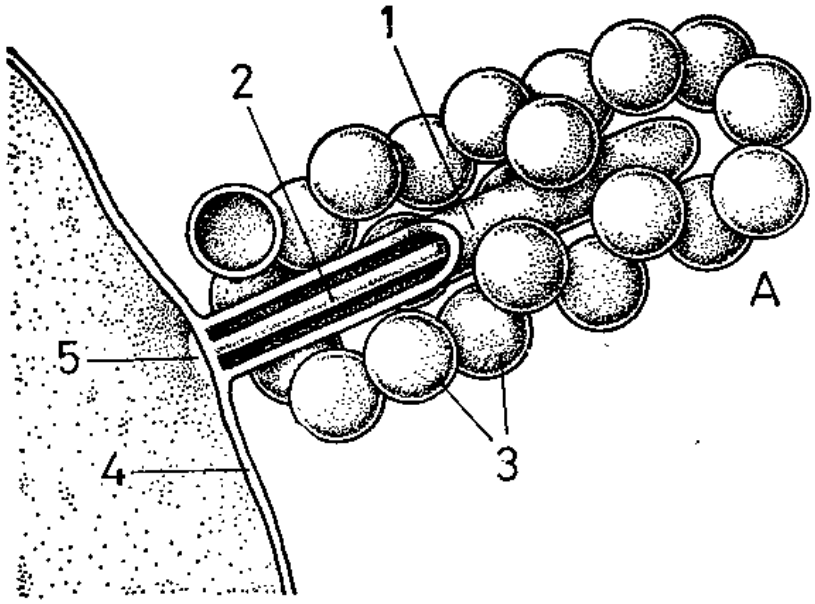
突触小泡的递质似与前面已提到的三种物质不同。所以认为突触带和突触棒既不是胆碱能的，也不是肾上腺素能和色胺酸能的。

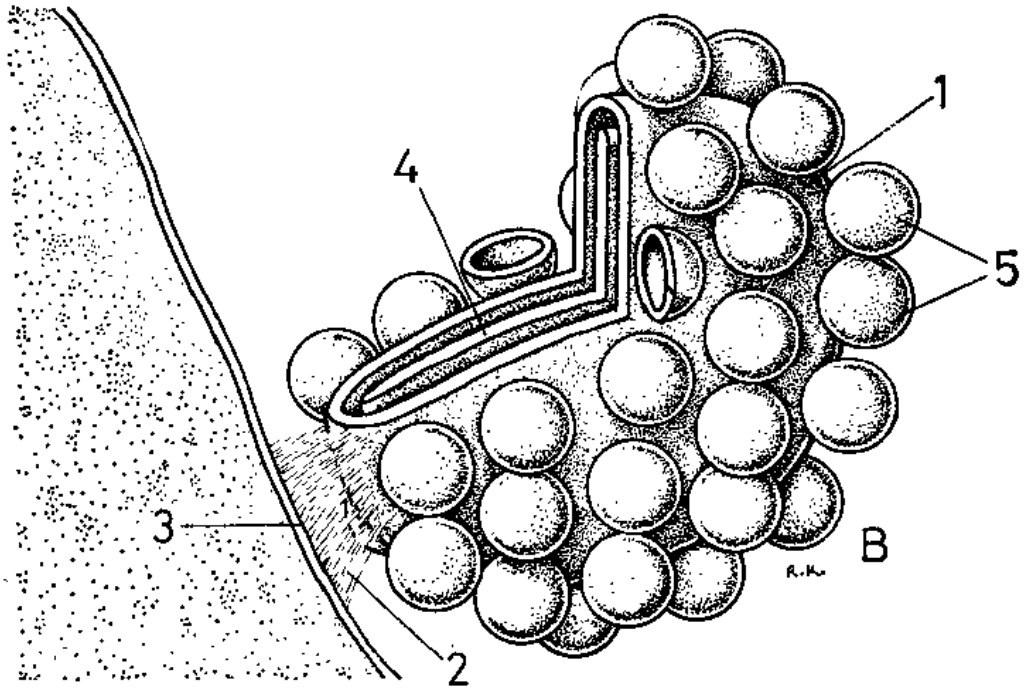
放大：A 和 B×190,000

参　考　文　献

Krstić, R.: Ultracytochemistry of the synaptic ribbons in the rat pineal organ. *Cell Tissue Res.* 166, 135—143 (1976)

Vollrath, L., Howe. C.: Light and drug induced changes of epiphysal synaptic ribbons. *Cell Tissue Res.* 165. 383—390 (1976)


1
2
5
4
3
A


1
4
5
3
2
B

图版 129　神经肌肉连接(大鼠膈肌中的运动终板)

运动终板的功能是把神经冲动传到骨骼肌纤维上。本图版显示其细节。

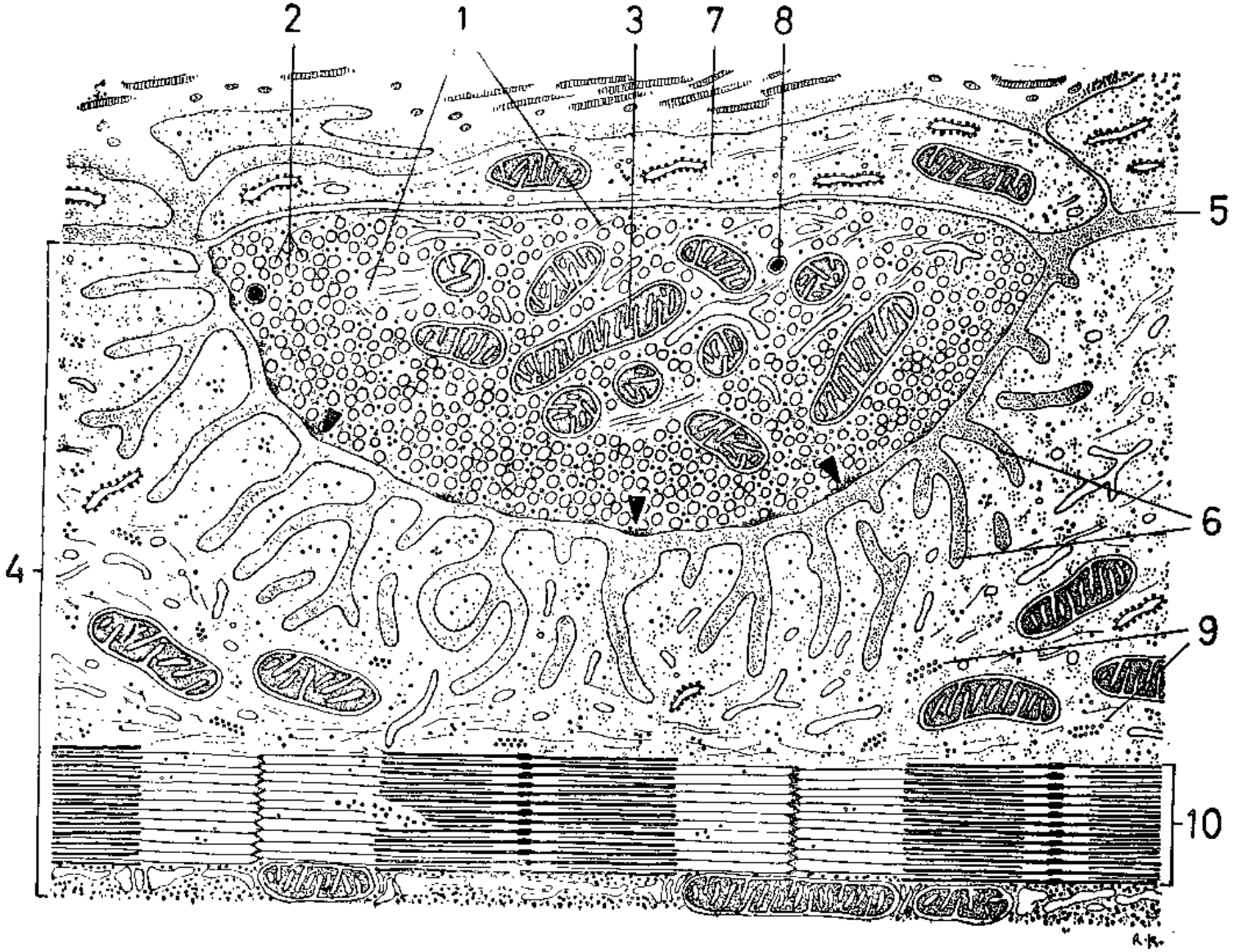
一个运动性轴突(1)的横切面,它具有大量突触小泡(2)和线粒体(3),在其髓鞘消失后呈球状膨大而终止。球状膨大位于横纹肌纤维(4)上的一个小凹陷里。基板(5)把轴突终末和肌纤维分开,并穿入突触皱折(6)深达 2 微米,构成神经下器。终球被雪旺氏细胞(7)的扩展部分覆盖。箭头所指处为突触前膜上致密的所谓活化区。注意许多核蛋白体和几个含有嗜锇物质的较大的小泡(8)。在神经下器下方有一些螺旋形的多核蛋白体(9)、线粒体和一条肌原纤维(10)见于肌质内。突触小泡的递质是乙酰胆碱。

放大: ×35,000

参　考　文　献

Düring, M. v.: Über die Feinstruktur der motorischen Endplatte von höheren Wirbeltieren. *Z. Zellforsch.* 81, 74—90 (1967)

Ellisman, M. H., Rash. J. E., Staehelin, L. A., Porter, K. R.: Studies of excitable membranes. II. A comparison of specializations at neuromuscular junctions and nonjunctional sarcolemmas of mammalian fast and slow twitch muscle fibers. *J. Cell Biol.* 68, 752—774 (1976)


2
1
3
7
8
5
6
4
9
10

图版 130　神经肌肉连接。立体图象

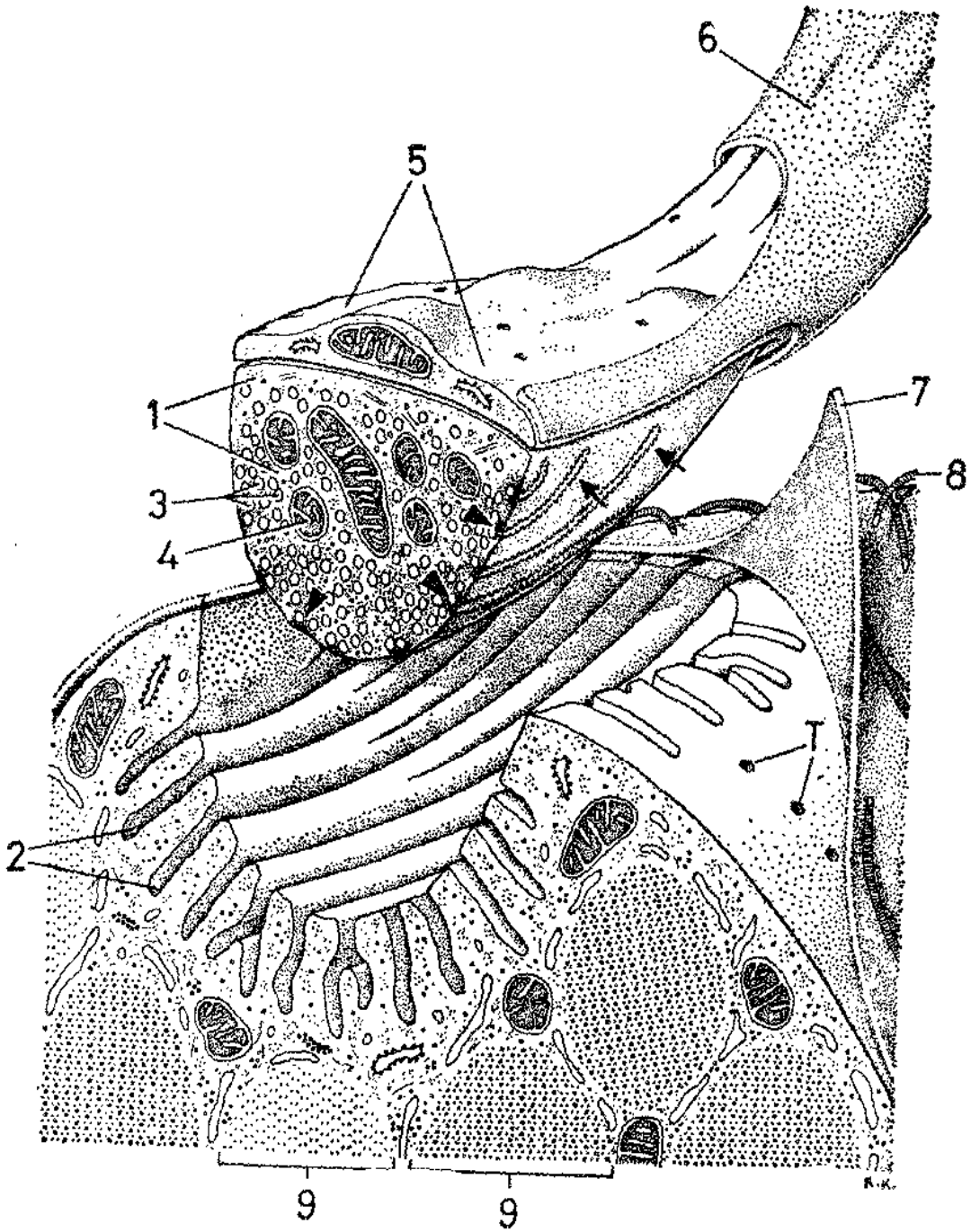
本图版显示的球样轴突终末(1)是已从它的陷入处抬起，以便更好地表明神经下器的突触皱折(2)，此处的基板也已去掉。终球内有胆碱能突触小泡(3)、线粒体(4)和活化区(箭头)。活化区由大约 90 Å 大小的很多成对颗粒组成，它们沿终球的纵轴排列成几行(长箭头)。雪旺氏细胞(5)的胞突覆盖着终板，细胞的基板(6)被部分除掉。肌纤维的基板(7)被拉向一侧以暴露出 T 小管的开口。网状和胶原微纤维(8)在肌纤维上。切面在若干条肌原纤维(9)的不同平面上(图版 71)通过。

放大：27,000

参　考　文　献

Coërs, C.: Structure and organisation of the myoneural junction. *Int. Rev. Cytol.* 22, 239—267 (1967)

Dreyer, F., Peper, K., Akert, K., Sandri, C., Moor, H.: Ultrastructure of the "active zone" in the frog neuromuscular junction. *Brain Res.* 62, 373—380 (1973)


6
5
1
3
4
7
8
2
9
9

图版 131　神经肌肉连接(大鼠空肠平滑肌细胞和自主神经纤维的末梢)

虽然自主神经末梢(1)有时和平滑肌细胞(2)形成接触,但没有平滑肌细胞的神经肌肉终板存在。在平滑肌细胞表面的任何部位上均能接受刺激,并通过缝隙连接(图版 73 和 151)把冲动传给其它平滑肌细胞。

显示一个雪旺氏细胞的胞突(3)和几条部分裸露的轴突(4)(图版 88)共同组成自主神经纤维末梢。一个轴突的终末在没有基板(5)的地方向肌细胞质膜贴近到大约相距不足 100 Å (箭头)。轴突含有的小泡看来是空的(6),只有在其偏心位置上有一个 150—250 Å 的嗜锇颗粒(7)。核心致密的小泡贮藏去甲肾上腺素,因此这类神经末梢被称为肾上腺素能神经末梢。

放大: ×28,000

参　考　文　献

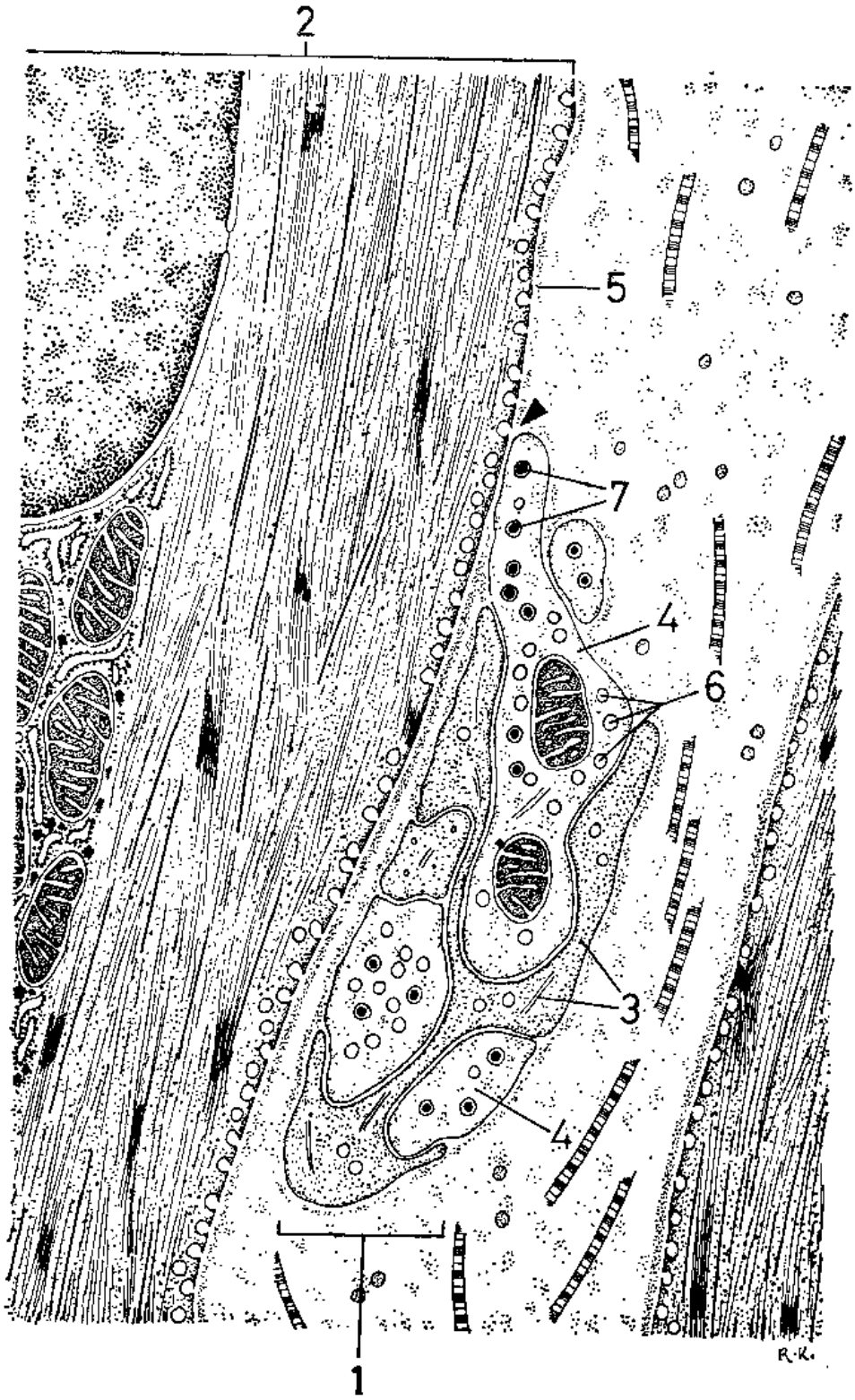
Fillenz, M.: Fine structure of noradrenaline storage vesicles in nerve terminals of the rat vas deferens. *Philos. Trans. R. Soc. Lond.* [*Biol.*] 261, 319—324 (1971)

Pellegrini, M. S.: Richerche ultrastrutturali sulle giunzioni mioneurali nella tunica muscolare di alcuni organi del ratto. *Arch. Ital. Anat. Embriol.* 77, 69—81 (1972)

Pick, J.: Fine structure of nerve terminals in the human gut. *Anat. Rec.* 159, 131—146 (1967)

Thaemert, J. C.: Ultrastructural interrelationships of nerve processes and smooth muscle cells in three dimensions. *J. Cell Biol.* 28, 37—49 (1966)

Van der Zypen, E.: Elektronenmikroskopische Befunde an der Endausbreitung des vegetativen Nervensystems und ihre Deutung. *Acta Anat.* 67, 481—515 (1967)


2
5
7
4
6
3
4
1
R.K.

IV. 细 胞 外 间 隙

图版 132　细胞外成分。胶原纤维。胶原合成。(大鼠成纤维细胞)

细胞间的物质由富含粘多糖的基质和各种纤维组成。通过形态学和生物化学的方法可以区别胶原纤维、网状纤维和弹性纤维。合成这些间质所需要的蛋白物质由幼稚结缔组织细胞,即成纤维细胞制造。这些细胞富含粗面内质网(1),内质网腔中充满细颗粒状的、中等嗜锇的网质(图版 36)。正像其它分泌产物的合成那样,有衣小泡(2)从粗面内质网上脱下并把它们的原始多肽链内含物转运给高尔基器(3)。经适当的制备,原胶原分子结构首先在高尔基泡中出现,它们呈细长的纵行(4)甚至横行(5)的带状。偶尔一张切片可显示出纤细的原纤维物质(6)分泌到细胞外间隙。在成纤维细胞附近有粗 50 Å 的前原纤丝 (protofibrils)(7) 以及具有特征性周期(640 Å)的较粗 (200 Å) 的胶原微纤维(8)。

几乎不能扩张的胶原原纤维网使结缔组织及支持组织具有高度的机械稳定性。

放大: ×42,000

参　考　文　献

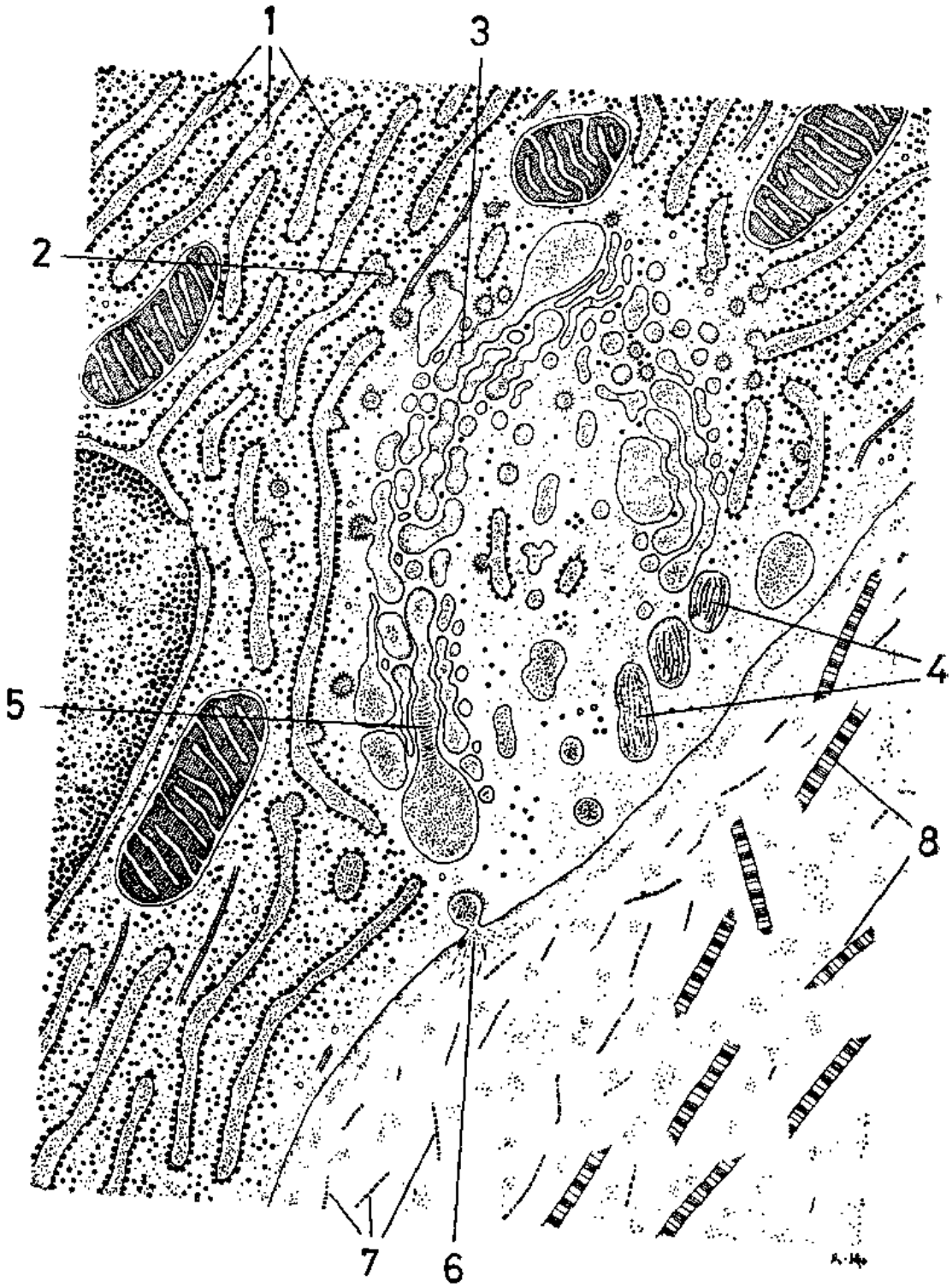
Bairati, A., Petruccioli, M. G., Torri Tarelli, L.: Studies on the ultrastructure of collagen fibrils. I. Morphological evaluation of the periodic structure. *J. Submicrosc. Cytol.* 1, 113—141 (1969)

Kivirikko, K. I.: Biosynthesis of collagen and its alterations in pathological states. *Med. Biol.* 54, 159—186 (1976)

Reith, E. J.: Collagen formation in developing molar teeth of rats. *J. Ultrastruct. Res.* 21, 383—414 (1968)

Schwarz. W., Merker, H.-J., Kutzsche, A.: Elektronenmikroskopische Untersuchungen über die Fibrillogenese in Fibroblastenkulturen. *Z. Zellforsch.* 56, 107—124 (1962)

Weinstock. M.: Collagen formation-observations on its intracellular packaging and transport. *Z. Zellforsch.* 129, 455—470 (1972)


1
3
2
4
5
8
7
6

图版 133　细胞外成分。胶原纤维。胶原结构单位的生物合成。立体图象

成纤维细胞通过微胞饮(长箭头)吸收的脯氨酸和其它氨基酸借助粗面内质网的核蛋白体参与前胶原多肽链的合成（图版 153)。接着，物质通过转运囊泡送到高尔基器，在此，三条多肽链结合成一个原胶原分子。这些分子由此处到达高尔基囊泡（1)，然后由细胞中排出(2)。原胶原分子一旦进入细胞间隙，就开始聚合。第一步，3 到 4 个分子结合成约 50 Å 粗的胶原前原纤维(3)。若干前原纤维形成一个微纤维(4)，其直径在 100—1000 Å 之间，依动物种类而不同。若干微纤维又结合成直径 0.2—0.5 微米的原纤维(5)。适量的原纤维相结合，构成 1—12 微米粗的胶原纤维(6)。纤维聚合成束，本图版没有显示出来。

原纤维都以螺旋排列的方式结合，像在冷冻蚀刻标本中所看到的那样，呈现同样的横纹。

网状微纤维不像胶原，直径为 50—100 Å，形成疏松的网，但显示出同样的周期（640 Å)。因而，至少可把它们部分地看成是胶原和糖蛋白的混合物。网状微纤维位于基板和胶原微纤维之间(图版 118)。这些实事说明网状微纤维常常转变成胶原结构。

放大：×34,000

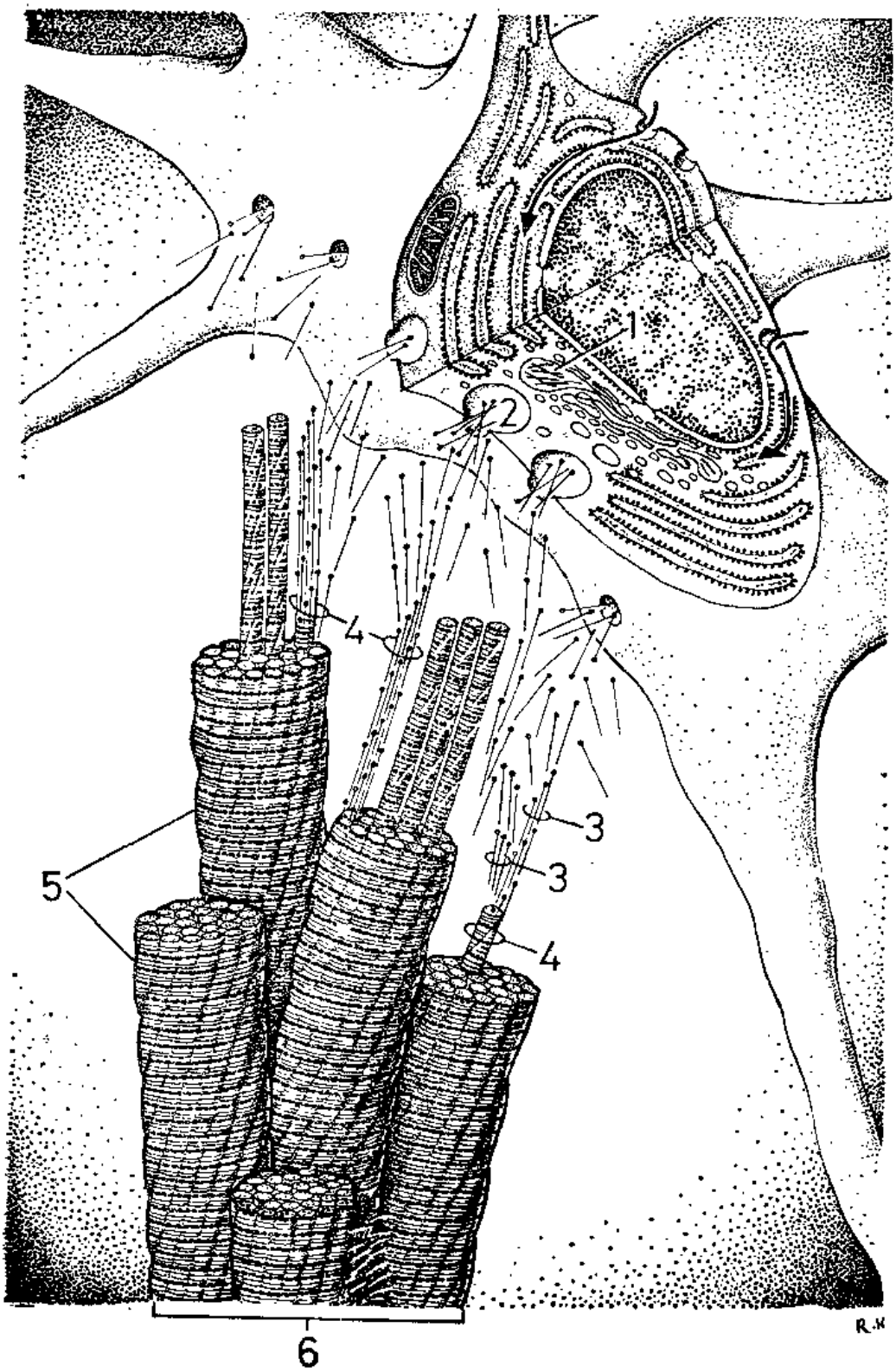
参　考　文　献

Frank, R.: Microscopie électronique de la genèse du collagène dans la papille dentaire. *J. Microsc.* 4, 43—56 (1965)

Glauert, A. M., Mayo, C. R.: The study of the three dimensional structural relationships in connective tissues by high voltage electron microscopy. *J. Microsc.* 97, 83—94 (1973)

Goldberg, B., Green, H.: An analysis of collagen secretion by established mouse fibroblast lines. *J. Cell Biol.* 22, 227—257 (1964)

Sheldon, H., Kimball, F. B.: Studies on cartilage. III. The occurrence of collagen within vacuoles of the Golgi apparatus. *J. Cell Biol.* 12, 599—613 (1962)


GLAND
1
2
4
3
3
4
5
6
R.K

图版 134　细胞外成分。胶原纤维。胶原微纤维。生物合成和分子结构

A. 大鼠角膜横切面，显示大量微纤维（A 1）呈交织的层状（A 2）。低倍电镜下，横切面的微纤维剖面呈点状，纵切面的呈线状。分散在纤维层间的是角膜细胞（A 3），具合成胶原的作用。

B. 分离并在高真空中镀金属的胶原微纤维，显示具有 640 Å 周期的横纹。在天然状态，即未经处理和未脱水状态，它们的周期是 700 Å。暗带（箭头）之间的收缩是制备潽象。

C. 图上部显示一原胶原分子，长 2800 Å，粗约 15 Å。它有一个头（C 4）和带有一些凝聚体的尾（C 5）。原胶原分子是每一种胶原形式的构成单位。

图 C 下部是由原胶原分子（C 6）形成胶原微纤维的示意图。分子端-端排列，相邻分子纵行相贴，间错 1/4 分子长度。3 或 4 排以这种方式聚合的分子形成一个粗约 50 Å 的前原纤维（C 7）。若干前原纤维构成一个胶原微纤维（C 8）。

在负染下的微纤维（C 9）中，原胶原分子的头呈现为亮带（C 10）。正染对照观察（C 11）时，同样的带呈暗色（C 10）。分子头间的带在负染时呈暗色（C 12）而在正染对照时呈亮色（C 12）。这些位置仅被分子尾占据。由于它们含胶原物质较少，在真空下比那些含分子头的带皱缩得严重（图 B、箭头）。暗带和亮带中的附加细线相当于原胶原分子尾部（C 5）的凝聚体。

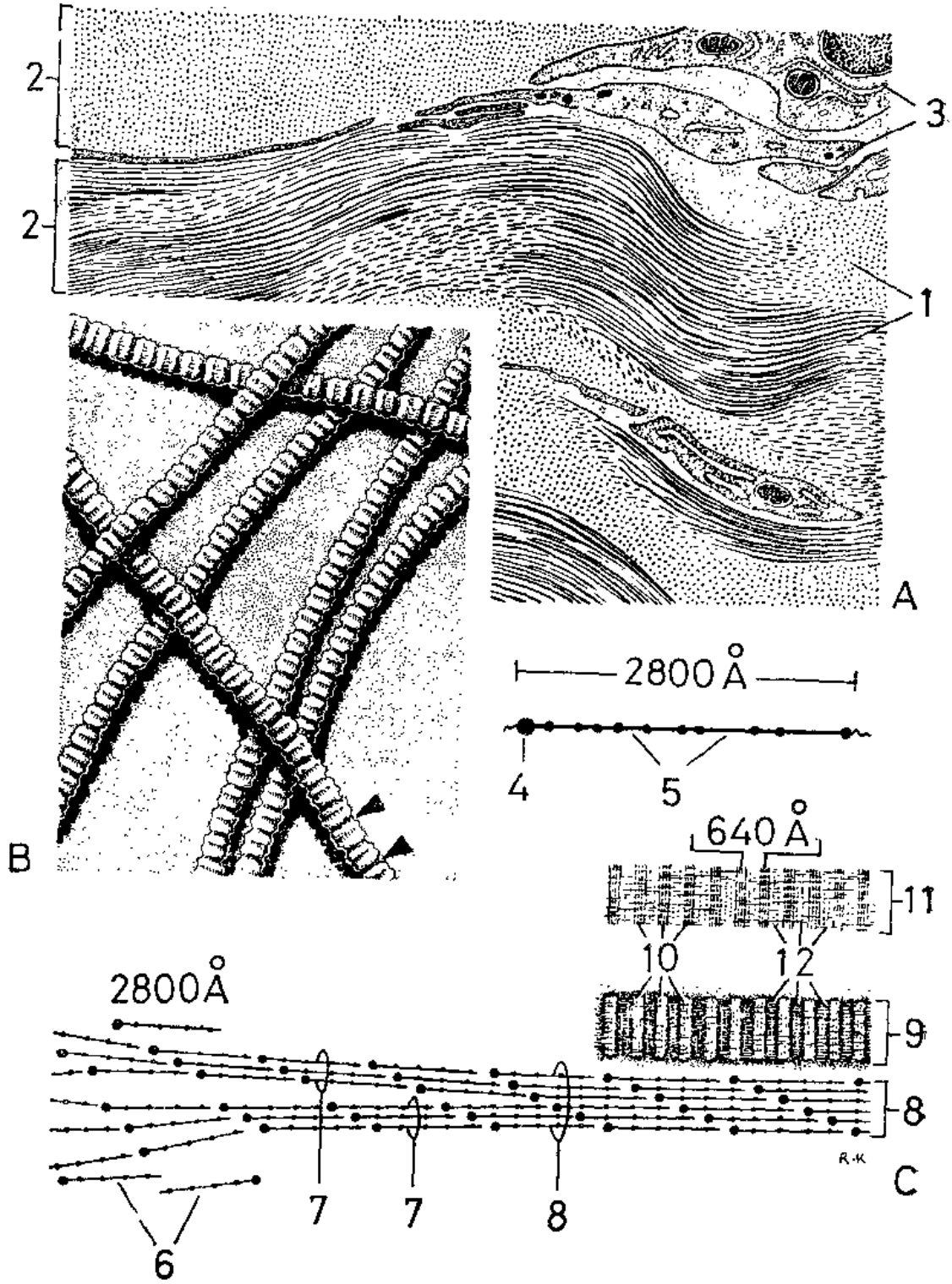
放大：A × 6,000；B × 58,000

参　考　文　献

Cox, R. W., Grant, R. A., Kent, C. M.: The interpretation of electron micrographs of negatively stained native collagen. *J. Cell Sci* 10, 547—554 (1972)

Hay, E. D., Dodson, J. W.: Secretion of collagen by corneal epithelium. *J. Cell Biol.* 57, 190—213 (1973)

Torri Tarelli, L., Petruccioli, M. G.: Studies on the ultrastructure of collagen fibrils. II. Filamentous structure with negative staining. *J. Submicrosc. Cytol.* 3, 153—170 (1971)


2
2
3
1
A
B
2800 Å
4
5
640 Å
11
10
12
9
2800Å
8
R·K
C
7
7
8
6

图版 135　细胞外成分。长间距胶原。(大鼠的连合下器)

化学成份相同而形态相异的胶原，即所谓的长间距胶原。它见于触觉小体、椭圆囊斑和联合下器中。

A. 连合下器上皮细胞(A 1)的基部。小的细胞间隙被具周期性的长间距原纤维(A 2)占据。这种周期是连续深暗带(A 3)间的间距，长 2800—3000 Å。暗带间有附加平行纹。原纤维方向的频繁变换造成一种特殊的镶嵌型式。

毛细血管(A 4)被中等嗜锇的细小颗粒物质(A 5)包围。这种物质逐渐与长间距胶原融合。

B. 图解长间距原纤维的形成。长间距结构是由原胶原分子(B 6)以平行而不间错的方式聚集而成。附加线是由沿着原胶原分子尾部(箭头)的凝聚体形成。

一根根胶原原纤维共同起着一种单纯的机械作用，而对长间距原纤维的功能还不清楚。

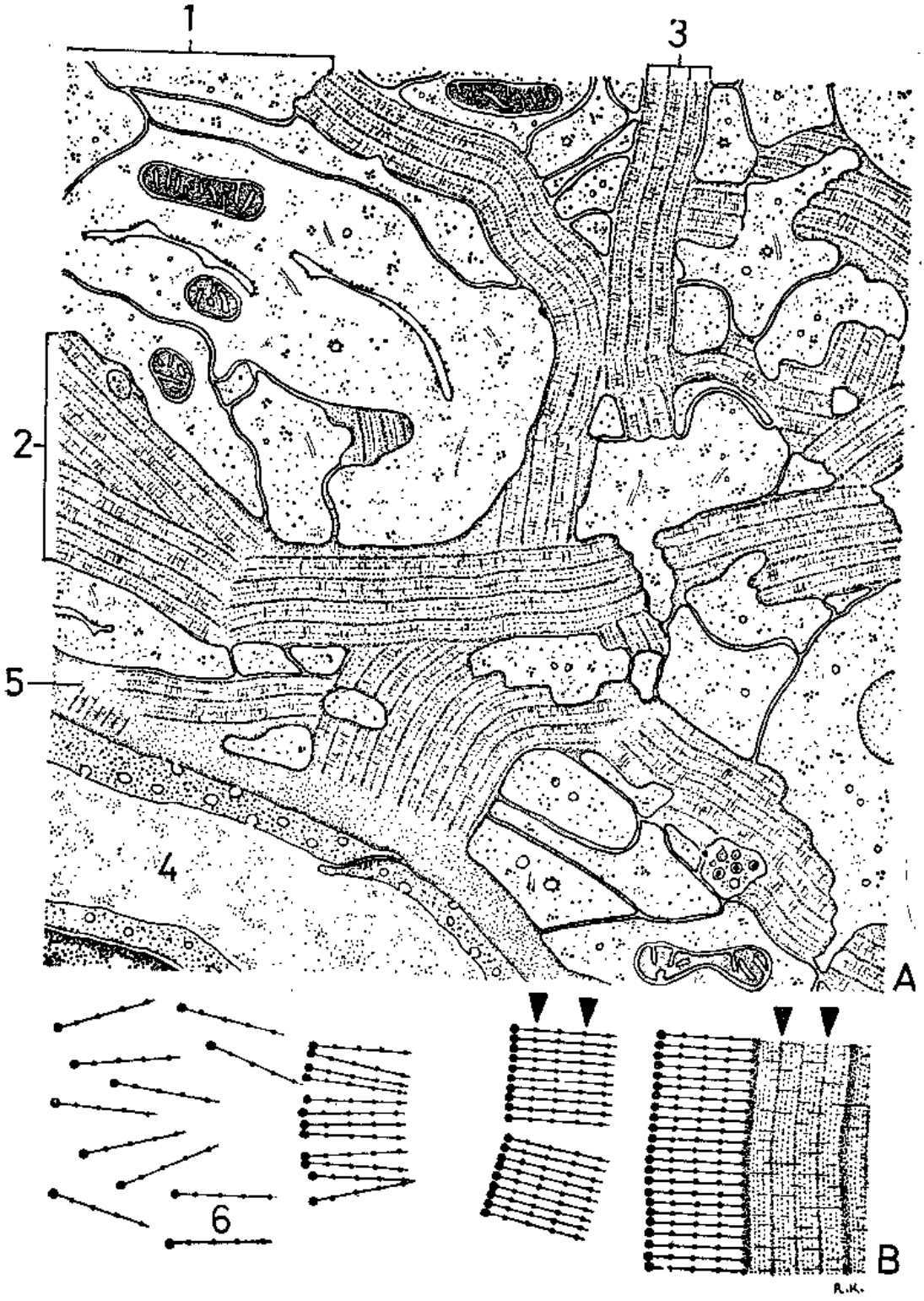
放大：A × 10,000

参　考　文　献

Carvioto, H., Lockwood, R.: Long-spacing fibrous collagen in human acoustic nerve tumors. In vivo and in vitro observations. *J. Ultrastruct. Res.* 24, 70—85 (1968)

Murakami, M., Shimada, T., Oribe, T., Hiraki, T.: An electron microscopic study on the subcommissural organ of the monkey, Macacus fuscatus. *Arch. Histol. Jpn.* 34,61—72 (1972)

Wetzstein, R., Schwink, A., Stanka, P.: Die periodisch strukturierten Körper im Subcommissuralorgan der Ratte. *Z. Zellforsch.* 61, 493—523 (1963)


1
3
2
5
4
A
6
B
R.K.

图版 136　细胞外成分。弹性纤维。(大鼠的疏松结缔组织)

成纤维细胞还合成相当粗的弹性纤维。

胶原纤维(1)与一些弹性纤维的纵切面(2)和横切面 (3) 相混合。弹性纤维上深的凹痕和盖在其上的大量微丝(4)使它的外形呈不规则状。微丝粗 110—120 Å。纤维内部有另外一些微丝(5)。图版下方一条深陷在成纤维细胞 (6) 内的弹性纤维是在形成过程中。然而,合成的机制不完全清楚。

由于弹性纤维的特殊分子结构,能把它拉长到 150%。

放大: ×30,000

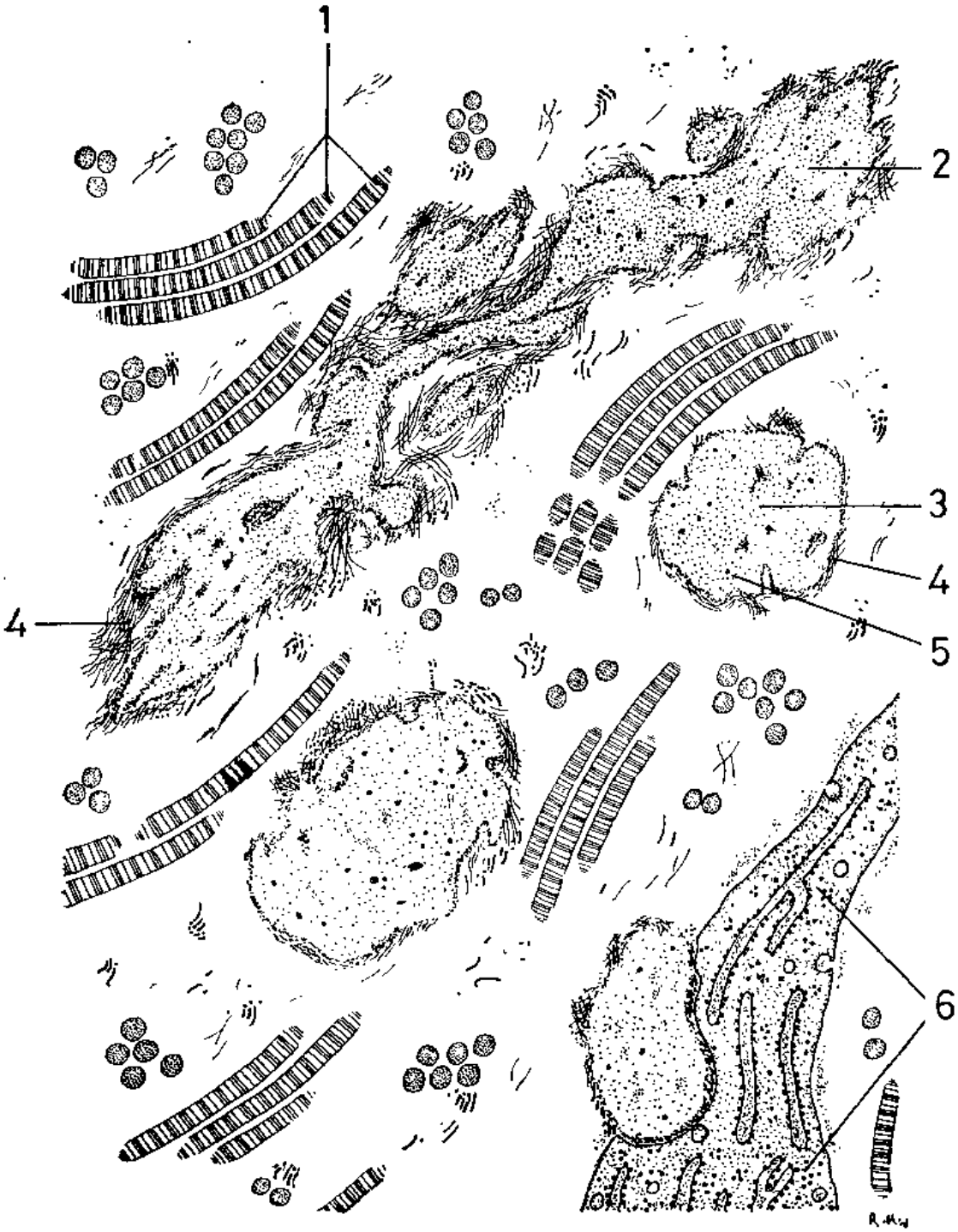
参　考　文　献

Gotte. L., Giro, M. G., Volpin, D., Horne, R. W.: The ultrastructural organisation of elastin. *J. Ultrastruct. Res.* 46, 23—33 (1974)

Hinek, A., Thyberg, J.: Electron microscopic observations on the formation of elastic fibers in primary cultures of aortic smooth muscle cells. *J. Ultrastruct. Res.* 60, 12—20 (1977)

Ross, R.: The elastic fiber. A review. *J. Histochem. Cytochem.* 21, 199—208 (1973)

Ross, R., Bornstein, P.: The elastic fiber. I. The separation and partial characterization of its macromolecular components. *J. Cell Biol.* 40, 366—381 (1969)


1
2
3
4
4
5
6

图版 137　细胞外成分。弹性纤维。（大鼠肺泡壁）

肺泡壁(1)含有毛细血管(2)，毛细血管具内皮细胞(3)和红细胞（4)。包盖着毛细血管的是 I 型肺泡细胞(6)的胞质薄片（5)，它们极薄(约 1500 Å)，是细胞的扁平延伸物，并像内皮细胞那样含有微胞饮泡。左下方可见一个 II 型肺泡细胞的一部分（7)。内皮细胞和肺泡细胞之间是胶原原纤维(8)和短而粗的弹性纤维(9)。弹性纤维包绕着肺泡，形成一个弹性网篮。

弹性纤维在呼吸生理学中起着重要作用。由于这种纤维的抗张性能，使休息期间的呼气完全被动进行。

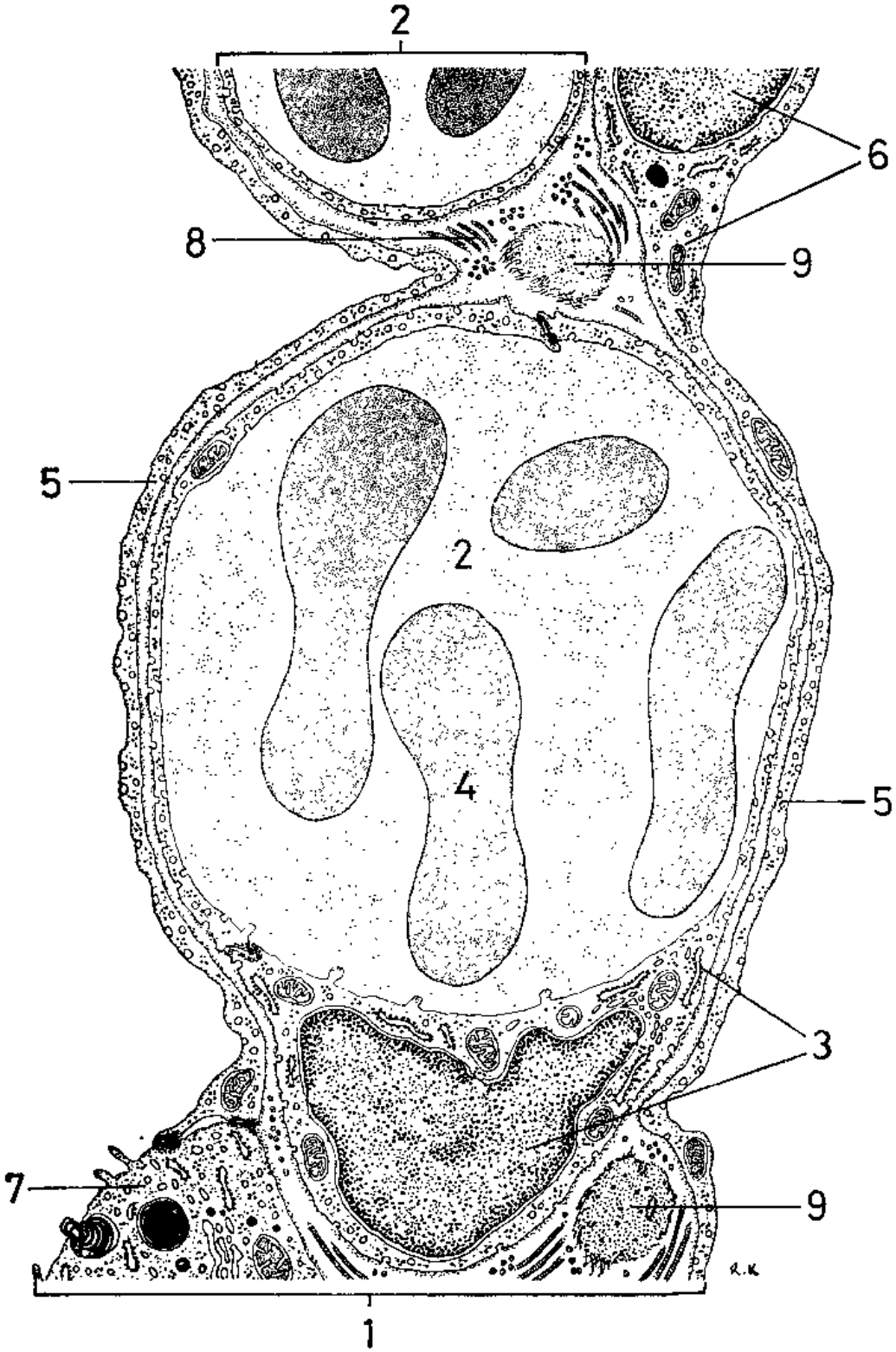
放大：×15,000

参　考　文　献

Collet, A. J., Des Biens, G.: Fine structure of myogenesis and elastogenesis in the developing rat lung. *Anat. Rec.* 179, 343—360 (1974)

Fahrenbach. W. H., Sandberg, L. D., Cleary, E. G.: Ultrastructural studies on early elastogenesis. *Anat. Rec.* 155, 563—576 (1966)

Greenlee, T. K., Ross. R., Hartmann, J. L.: The fine structure of elastic fibers. *J. Cell Biol.* 30, 59—71 (1966)


2
6
8
9
5
2
4
5
3
7
9
1

图版 138　胶原原纤维和基质钙化(大鼠软骨内骨化区及未脱钙骨中的成骨细胞)

本图版显示有机骨物质钙化的形态学状况。

A和B. 成骨细胞(A 1)是具大量粗面内质网和发达的高尔基复合体的细胞。它们合成胶原微纤维(A 2和B 2)(图版 132和133)以及富于糖蛋白的基质。这种有机骨质(类骨质)的钙化开始于胶原纤维和成骨细胞。在第一种情况下,结晶的羟磷灰石针(A 3和B 3)在胶原原纤维上呈有规则的间隔,表明原胶原分子周期性再发生的区域诱导钙化过程。至于成骨细胞,由于它们的高碱性磷酸酶的缘故,而产生钙和磷酸盐的局部浓缩,因此加速了钙化作用。象软骨细胞(图版 175)和成牙质细胞(图版 99)一样,成骨细胞产生直径为 300—1000 Å 的圆形膜包颗粒(A 4和B 4),称为钙球、基质颗粒或球粒。晶化的集中点最先出现在这些结构之间(A 5)和之内(B,箭头)。

C. 随着类骨质钙化结束,大部分胶原原纤维(C 1)被羟磷灰石结晶针(C 2)覆盖。箭头指的是偶然未钙化的胶原原纤维。

D. 钙化胶原微纤维(D 1)的立体图象。羟磷灰石结晶(D 2)长约 200—600 Å,宽约 15—35 Å,它们构成骨无机物的大部分。它们以小斑块的形式包绕着每一个胶原微纤维并见于其内部(D 3)。外部的晶体形成与相邻微纤维连接的小桥(D 4)。右侧两条微纤维的部分结晶衣被去掉,以显示其特征性的横纹结构(箭头)。

放大:A×25,000; B×110,000; C×32,000; D×110,000

参　考　文　献

Anderson, H. C.: Vesicles associated with calcification in the matrix epiphyseal cartilage. *J. Cell Biol.* 41, 59—72 (1969)

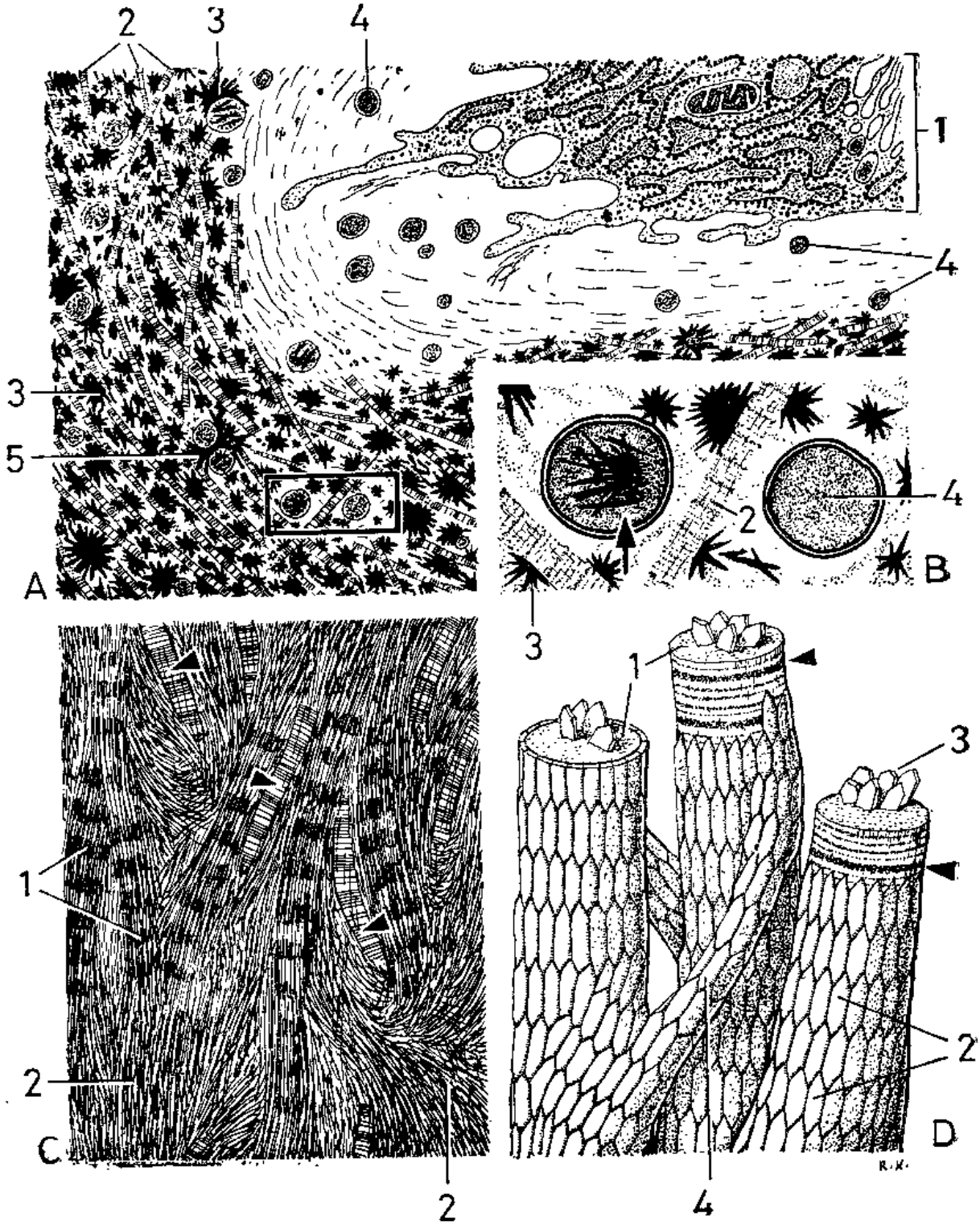
Bernard, G. W., Pease, D. C.: An electron microscopic study of initial intramembranous osteogenesis. *Am. J. Anat.* 125, 271—290 (1969)

Bonucci, E.: Fine structure and histochemistry of "calcifying globules" in epiphyseal cartilage. *Z. Zellforsch.* 103, 192—217 (1970)

Felix, R., Fleisch, H.: Role of matrix vesicles in calcification. *Fed. Proc.* 35, 169—171 (1976)

Larsson, A.: Studies on dentinogenesis in the rat. *Z. Anat. Entwicklungsgesch.* 142, 103—115 (1973)

Thyberg, J., Friberg, U.: Ultrastructure and acid phosphatase activity of matrix vesicles and cytoplasmic dense bodies in the epiphyseal plate. *J. Ultrastruct. Res.* 33, 554—573 (1970)


2
3
4
1
4
3
5
A
4
2
B
3
1
3
1
2
C
2
2
4
D

图版 139　已完成的钙化(大鼠的骨细胞)

一旦钙化完成，则钙盐充满胶原原纤维和细胞间基质。其结果是骨细胞被包围但并不直接与钙化物质接触。具有胶原原纤维的，宽 0.5 微米的未钙化基质区 (1) 将骨细胞 (2)和骨钙区(3)分隔开来。每一个骨细胞通过胞质突(4)与相邻骨细胞连接。

用金刚石刀能把钙化的基质切成超薄切片。它的电子密度极高，但有一些小的亮区 (5)可看到未钙化的胶原微纤维。

放大：×20,000

参　考　文　献

Hayek, E.: Die Mineralsubstanz der Knochen. *Klin. Wochenschr.* **45**, 857—863 (1967)

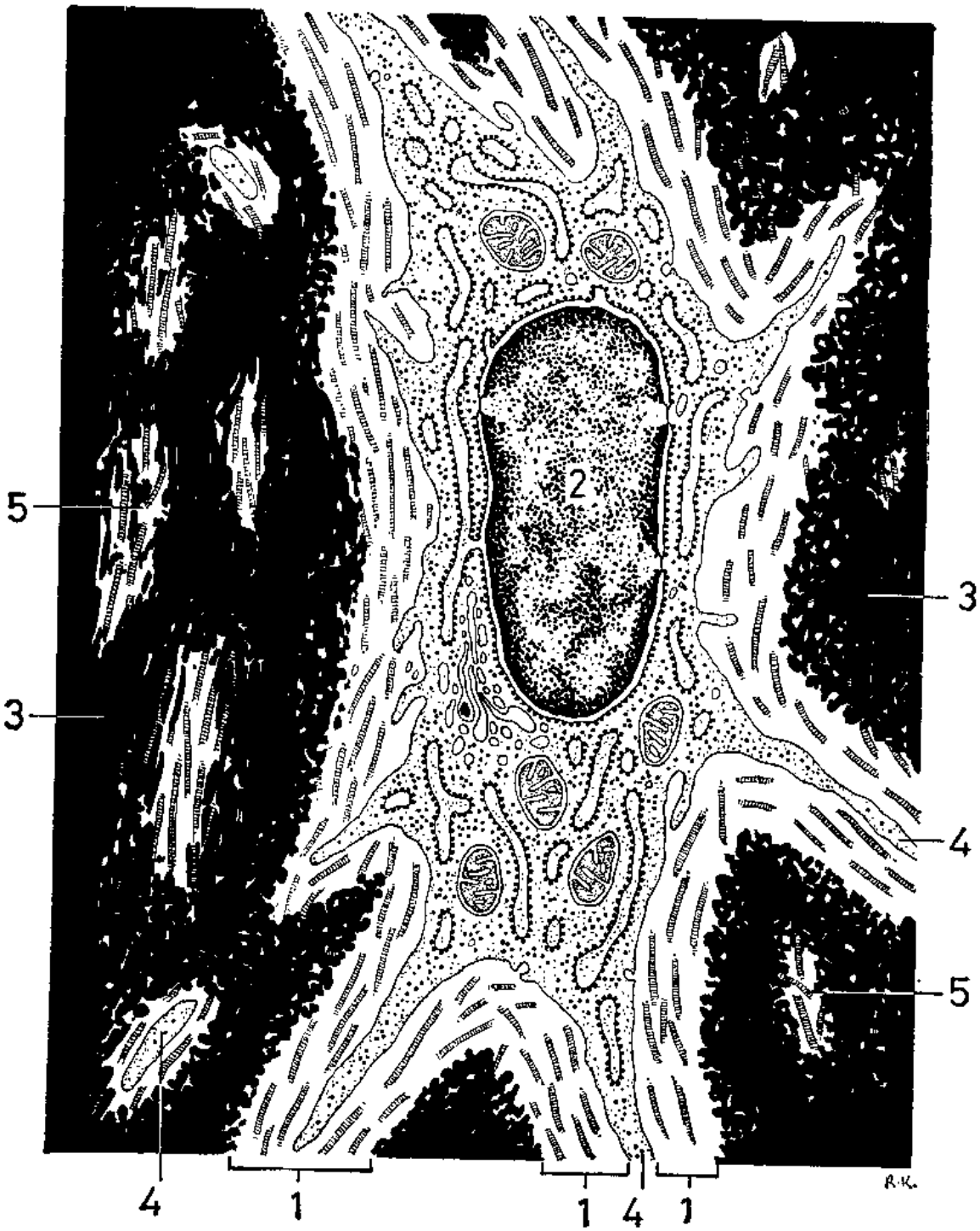
Jande, S. S., Bélanger, L. F.: Electron microscopy of osteocytes and the pericellular matrix in rat trabecular bone. *Calcif Tissue. Res.* 6, 280—289 (1971)

Landis, W. J., Glimcher, M. J.: Electron diffraction and electron probe microanalysis of the mineral phase of bone tissue prepared by anhydrous technique. *J. Ultrastruct. Res.* 63, 188—223 (1978)

Owen, M.: The origin of bone cells. *Int. Rev. Cytol.* 28, 213—238 (1970)

Slavkin, H. C., Croissant, R. D., Bringas, P., Matosian, P., Wilson, P., Mino, W., Guenther, H.: Matrix vesicle heterogeneity: Possible morphogenetic functions for matrix vesicles. *Fed. Proc.* 35, 127—134 (1976)

Wassermann, F., Yaeger, J. A.: Fine structure of the osteocyte capsule and the wall of the lacunae in bone. *Z. Zellforsch.* 67, 636—652 (1965)


5
3
2
3
4
5
4
1
1
4
1
R.K.

V. 细 胞 生 理 学

图版 140　有丝分裂。前期。（大鼠卵巢内次级卵泡的卵泡上皮细胞）

有丝分裂是细胞的最重要的生命特征之一，也是最常见的细胞分裂形式。在此过程中，染色体内的遗传物质首先加倍，然后再均等地分配给两个子细胞。人类的体细胞具有46个染色体。

本图及以后的几幅图版都是阐明细胞有丝分裂超微结构形态学的。

有丝分裂开始时（即前期），染色质形成小浓缩物（1），核仁仍然清晰可见（2），核膜依然完整（3），细胞器未见改变。

放大：×10,000

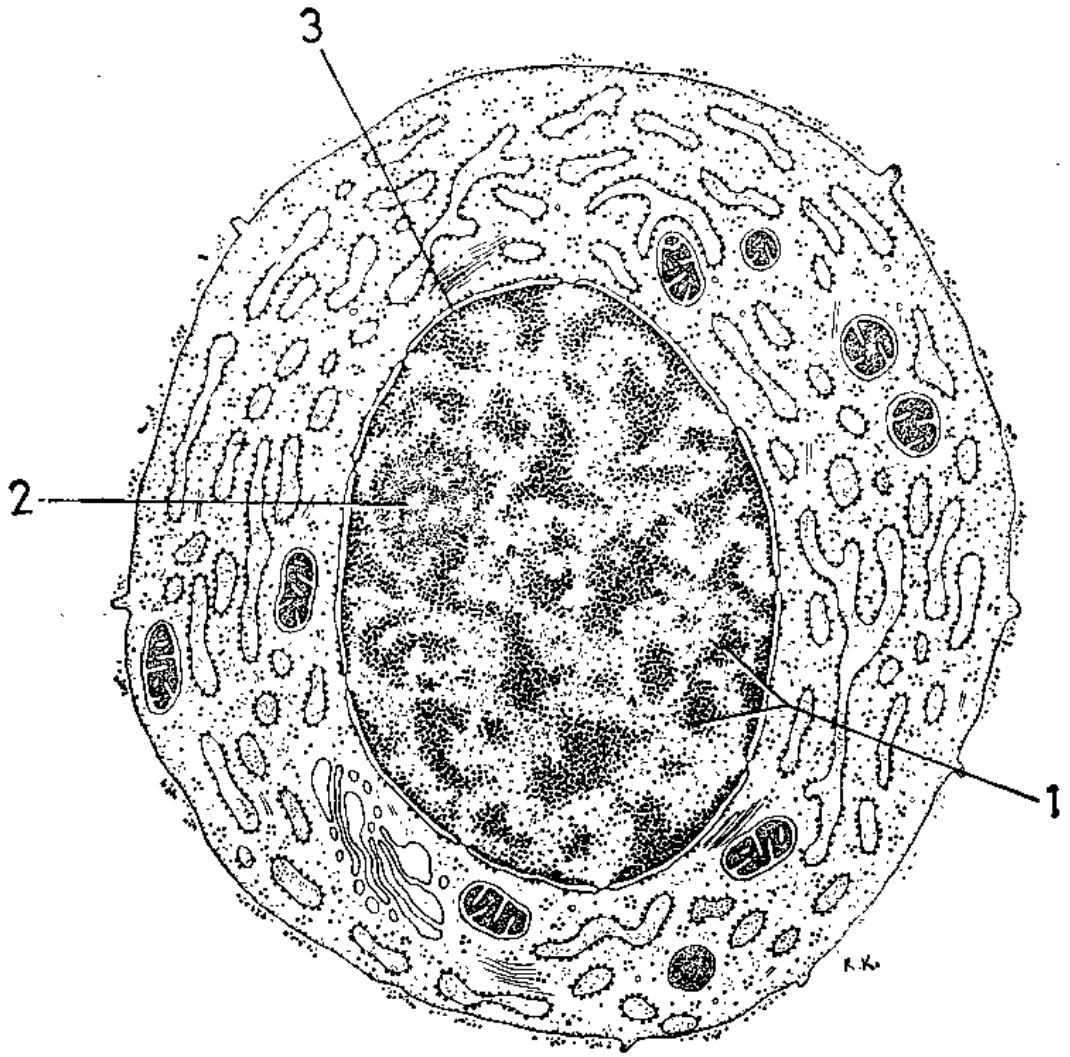
参　考　文　献

Ford. E. H. R., Thurley, K., Woollam, D. H. M.: Electron-microscopic observations on whole human mitotic chromosomes. *J. Anat.* 103, 143—150 (1968)

Gropp, A., Citoler, P.: Grundlagen der Chromosomenforschung beim Menschen. *Genetik*, 1—25 (1968)

Mazia, D.: Mitosis and the physiology of cell division. In: The Cell. Brachet, J., Mirsky, A. E. (eds.), Vol. 3. pp. 80—412. New York: Academic Press 1961

Robbins, E., Gonatas, N. K.: The ultrastructure of a mammalian cell during the mitotic cycle. *J. Cell Biol.* 21, 429—463 (1964)


3
2
1

图版 141　有丝分裂。早中期。(大鼠卵巢内次级卵泡的卵泡上皮细胞)

在有丝分裂的进程中,染色质在核内密集成块状的染色体(1),核膜碎裂形成小裂隙(2)、大裂隙(3)和双重核膜(4),核仁已不明显。靠近大裂隙处有一对中心粒(5),和它们散发出的微管(6),微管及其周围的细胞质形成星体。由于核膜崩解,故核质和细胞质混合,而形成所谓的"混合质"。

放大: ×10,000

参　考　文　献

Abuelo, J. G., Moore, D. E.: The Human Chromosome. *J. Cell Biol.* 41, 73—90 (1969)

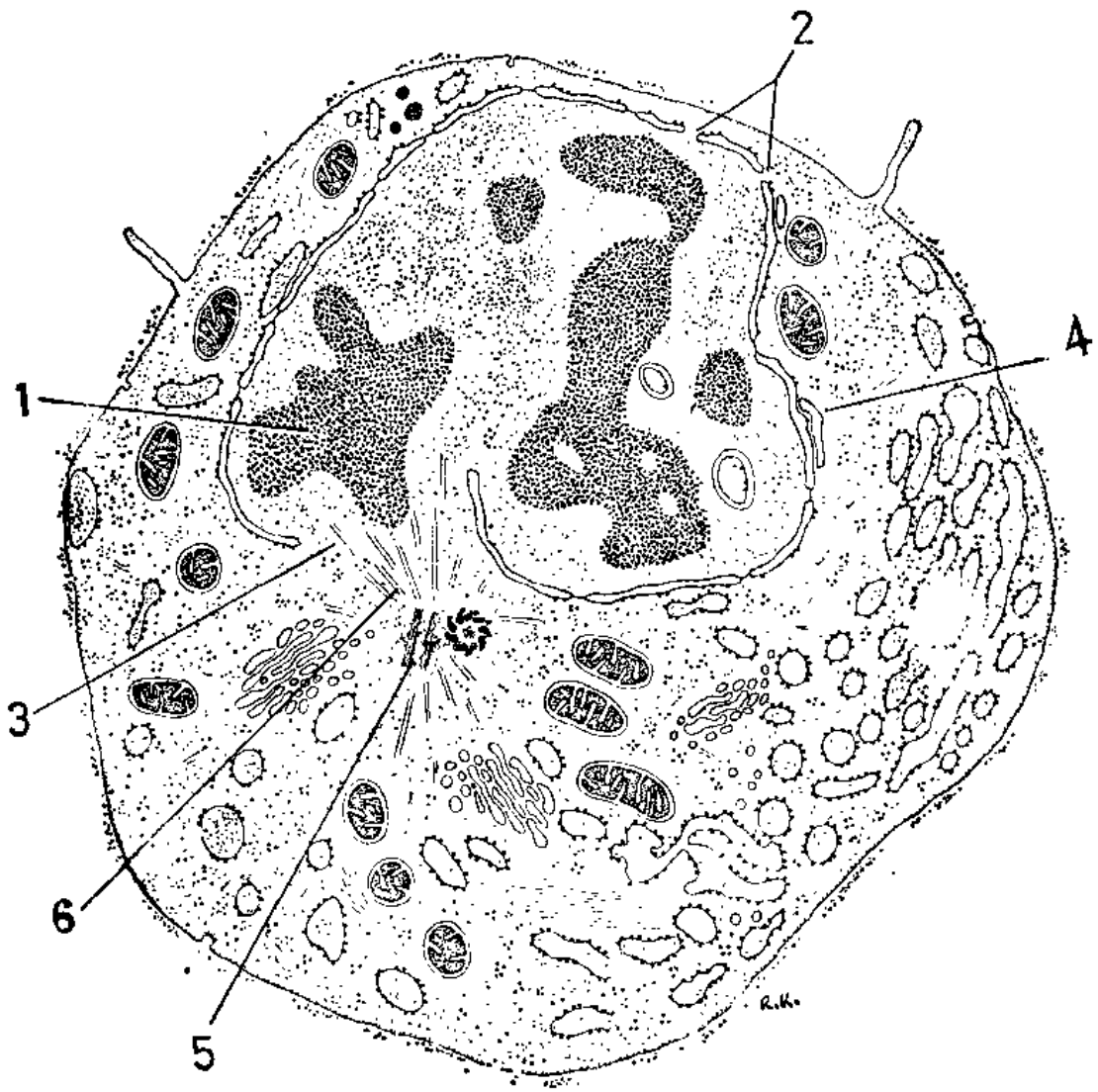
Berns, M. W., Rattner, J. B., Brenner, S., Meredith, S.: The role of the centriolar region in animal cell mitosis. *J. Cell Biol.* 72, 351—367 (1977)

Robert, J. M., Plauchu, H.: Structure du chroomosome des organismes eucaryotes, *Lyon Méd.* 228, 671—684 (1972)

Schwarzacher, H. G.: Human chromosomes in mitosis and interphase. In: Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen. Bargmann, W. (ed.), Vol. 1/3, 1—182. Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1976

Stubblefield, E.: The structure of mammalian chromosomes. *Int. Rev. Cytol.* 35; 1—60 (1973)

Zatsepina, O. V., Polyakov, V. Yu., Chentsov, S. Yu.: Some structural aspects of the fate of the nuclear envelope during mitosis. *Cytobiology* 16, 130—144 (1977)


1
2
3
4
5
6

图版 142　有丝分裂。中期。（大鼠卵巢内次级卵泡的卵泡上皮细胞）

染色体(1)排列在赤道面上，形成赤道板(2)。通过中心粒(4)卫星（图版 54）附近的球形亚单位的聚合作用产生出纺锤体的染色体微管(3)，它们远达染色体，并连于着丝点(5)。着丝点和各自的染色体之间有一宽为 100—200 Å 清楚的间隙相隔。

纺锤体内的微管有连续微管(6)和带间微管(7)之分，前者连接细胞两极的中心粒，而后者连接各个染色体。

有丝分裂时，高尔基器和内质网分裂变成小的泡状碎片，继而均等地分布于子细胞中。

采用干扰纺锤体微管形成的办法，如生物碱(秋水仙碱、长春花碱)能使有丝分裂停止在中期。如果这样的细胞能够存活，会导致核内出现多倍体(即染色体成倍增加)。

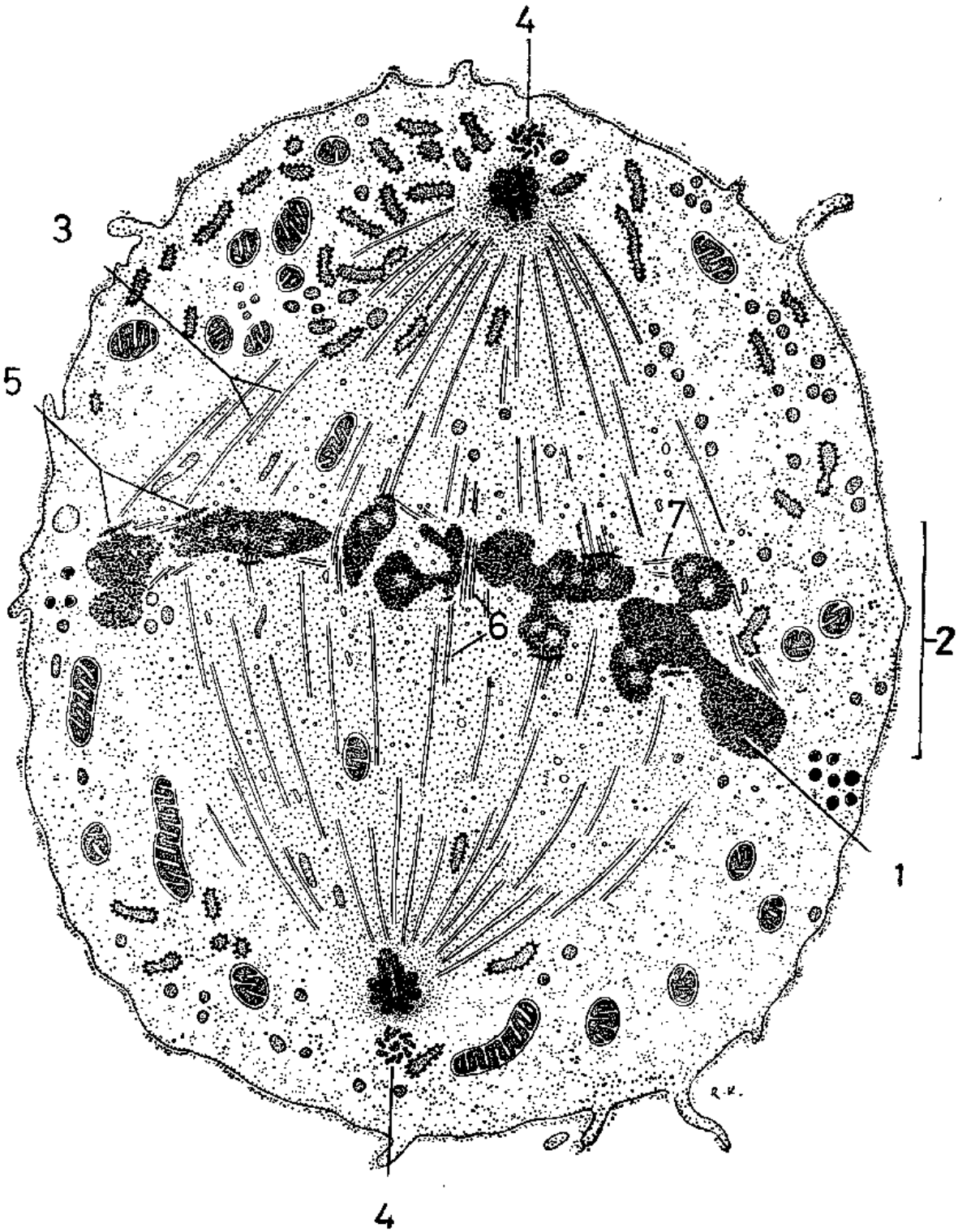
放大：×10,000

参　考　文　献

Comings, D. E., Okada, T. A.: Fine structure of kinetochore in indian muntjack. *Exp. Cell Res.* 67, 97—110 (1971)

Hepler, P. K., McIntosh, J. R., Cleland, S.: Intermicrotubule bridges in mitotic spindle apparatus. *J. Cell Biol.* 45, 438—444 (1970)

Roos, U.-P.: The fibrillar organization of the kinetochore and the kinetochore region of mammalian chromosomes. *Cytobiologie* 16, 82—90 (1977)


4
3
5
7
6
2
1
4

图版 143　有丝分裂。晚后期。（大鼠卵巢内次级卵泡的卵泡上皮细胞）

在此期，染色体微管可能通过球形亚单位的丢失，在中心粒平面处缩短。染色体的一半，即染色单体因而被拉向细胞的两极，在该处染色质浓缩物（1）被新形成的双层膜（2）覆盖。同时，质膜下围绕赤道处的微丝（3）收缩，造成细胞体的腰形缩窄。在环行微丝的收缩被细胞松弛素 B 有选择性地阻断时，细胞质分裂受阻，而核分裂仍进行，因而可产生多核的细胞。

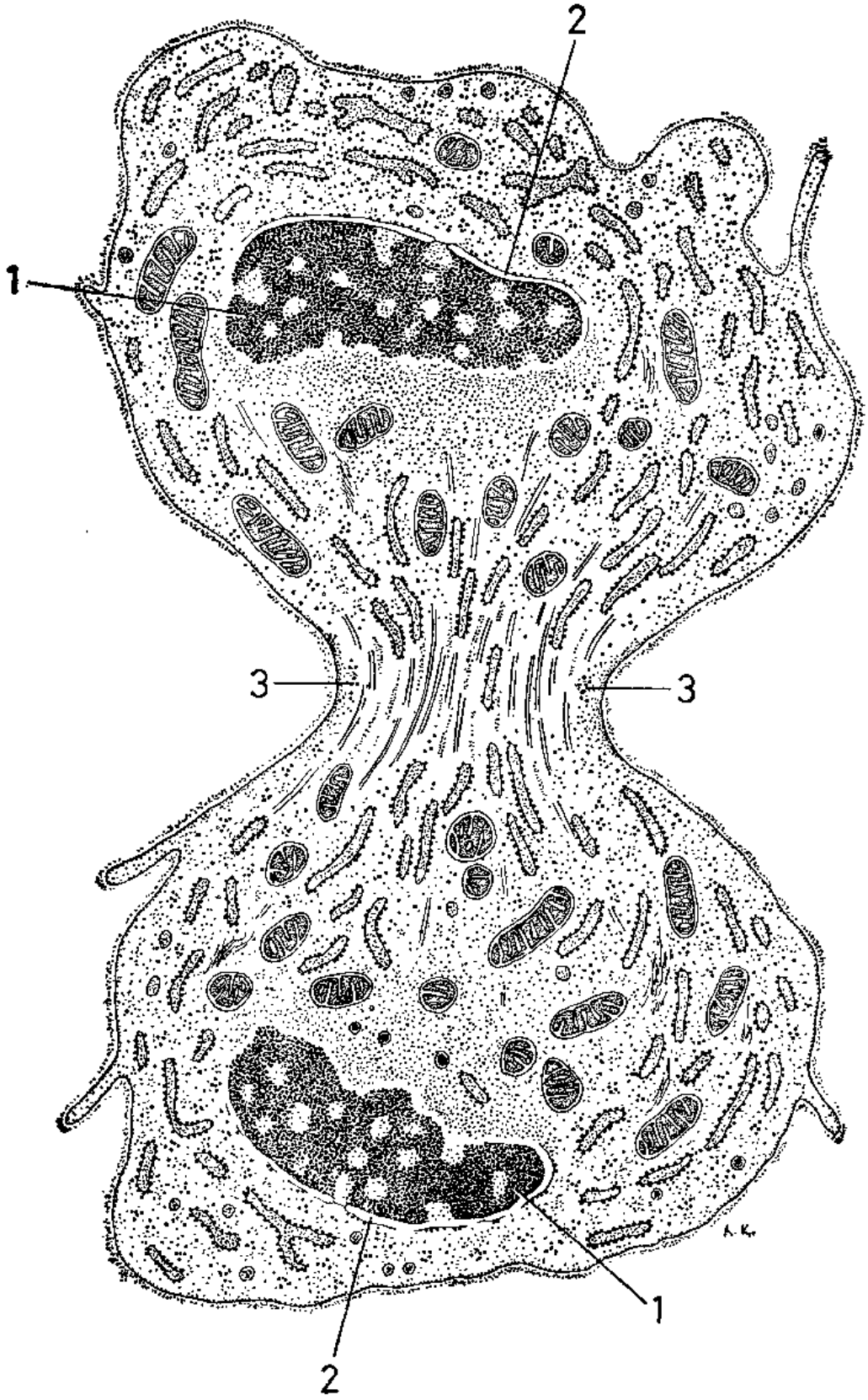
放大：×10,000

参　考　文　献

Jokalainen, P. T.: The ultrastructure and spatial organisation of the metaphase kinetochore in mitotic rat cells. *J. Ultrastruct. Res.* 19, 19—44 (1967)

Kubai, D. F.: The evolution of the mitotic spindle. *Int. Rev. Cytol.* 43, 167—227 (1975)

Robbins E., Gonatas, N. K.: The ultrastructure of a mammalian cell during the mitotic cycle. *J. Cell Biol.* 21, 429—463 (1964)


2
1
3
3
1
2

图版 144　有丝分裂。末期。(大鼠卵巢内次级卵泡的卵泡上皮细胞)

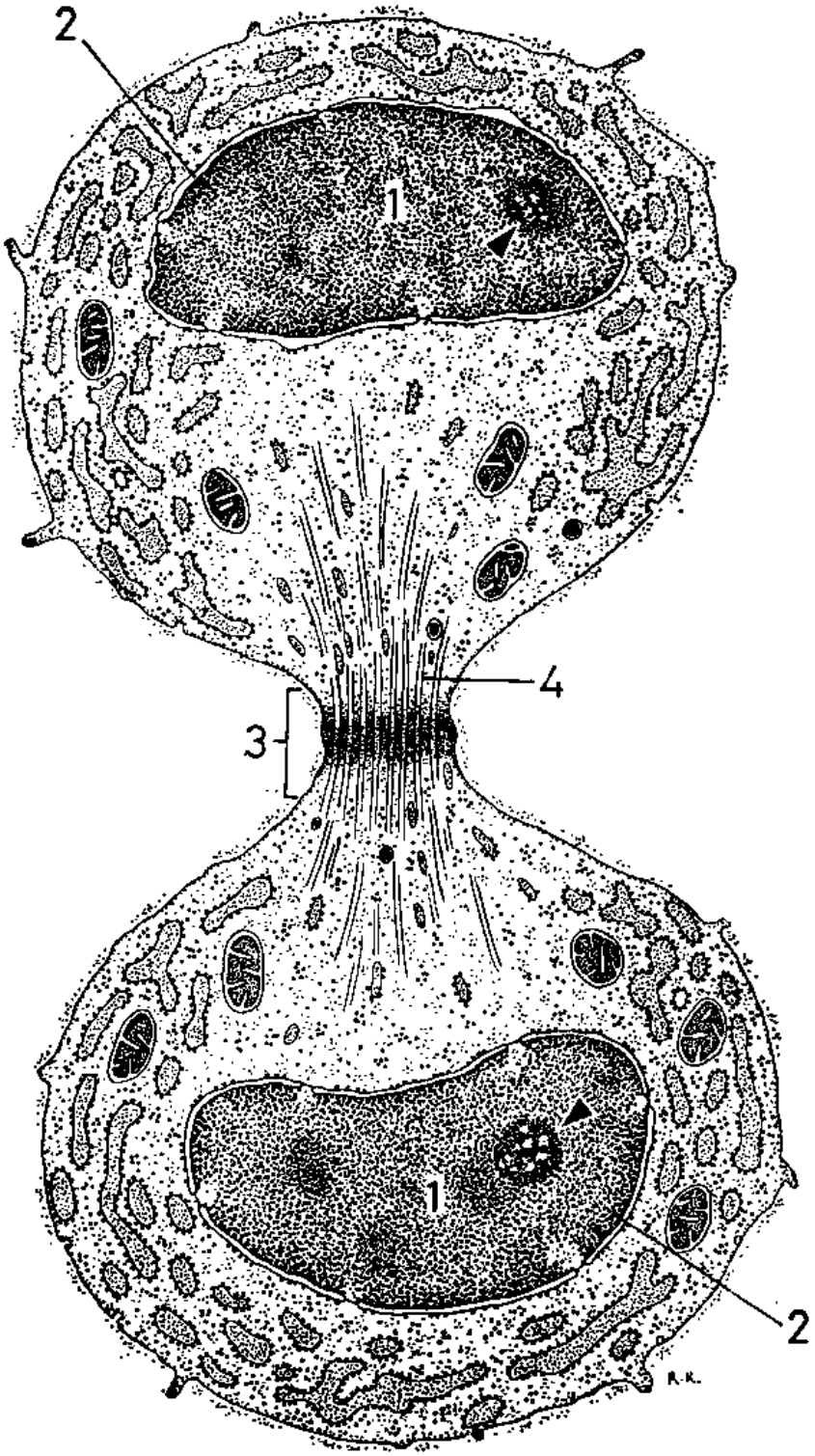
由于染色质的凝集而形成两个新的细胞核(1),具有完整的核膜(2),和间期核(图版2)难以区分。核仁(箭头)于末期结束时变得明显。两个子细胞之间有狭窄的胞质桥(由微管通过来标志)相连,微管束(4)及其周围的致密物质形成中间体(3),此处大概发生细胞质分裂。

放大: ×10,000

参　考　文　献

Krishan, A.: Fine structure of cytochalasin-induced multinucleated cells. *J. Ultrastruct. Res.* 36, 191—204 (1971)

Robbins, E., Jentzsch, G.: Ultrastructural changes in the mitotic apparatus at the metaphase-to-anaphase transition. *J. Cell Biol.* 40, 678—691 (1969)


2
1
4
3
1
2

图版 145　减数分裂。前期。细线期。(大鼠的精母细胞)

减数分裂是指配子或生殖细胞的分裂，这是由于它们的染色体数目减少了一半。和有丝分裂相比，这种情况下的染色体在遗传学上不是相同而是更具有双亲的特性。

减数分裂前期的持续时间，远较有丝分裂的为长，因为双亲的遗传特征要在此期交换。减数分裂的前期又分四期，前两期在形态学上是明显的。

A. 细线期光镜图解。在减数分裂前期的这个第一期染色体 (A 1) 为细长条，并仍为分离状态。箭头所指为它们的着丝点。

B. 一对同源染色体(文字说明见图版 146)。

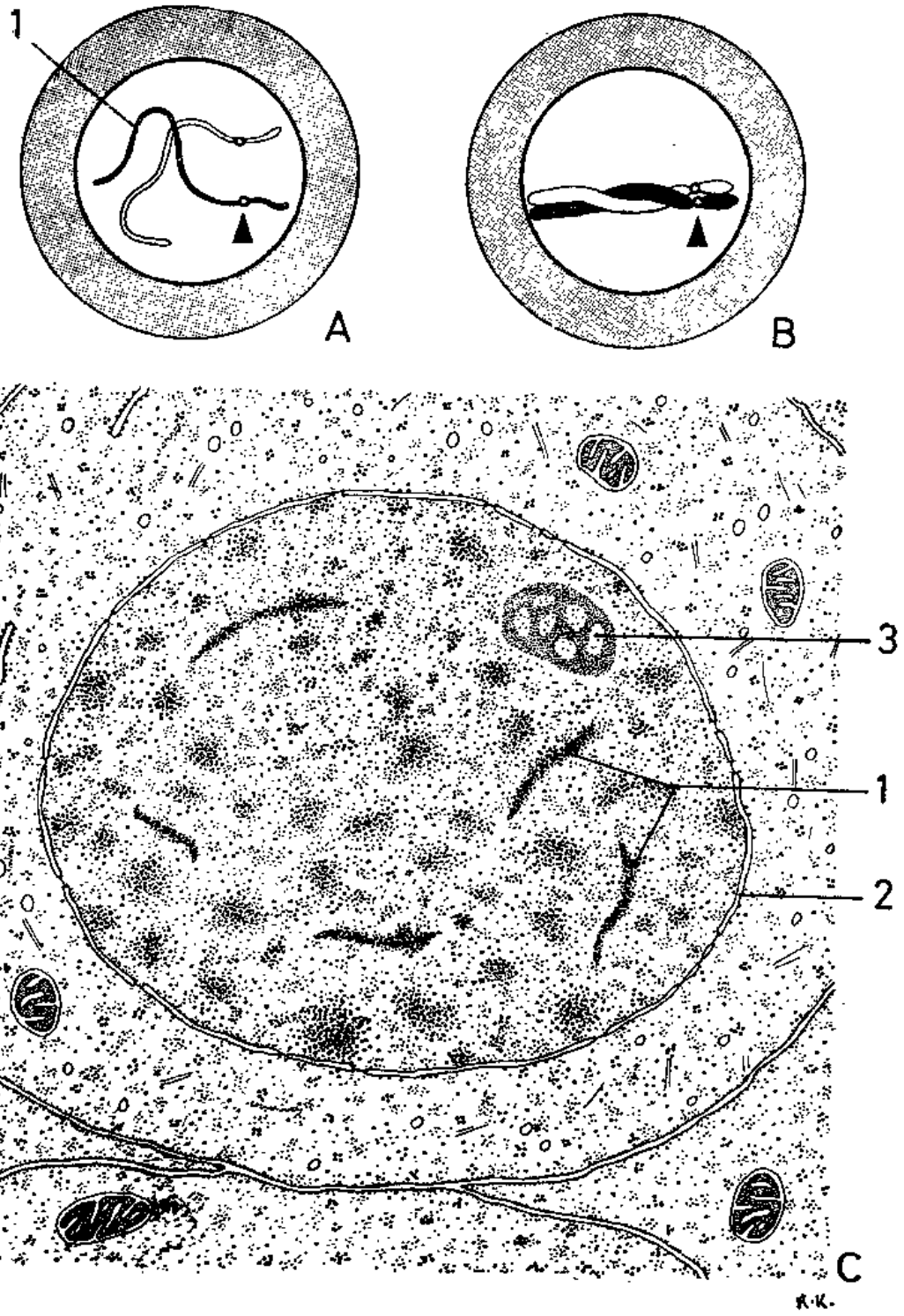
C. 细线期时，在光镜下所见的细长染色体呈现为核内狭长的染色质浓聚物(C 1)。核膜(C 2) 完整，核仁 (C 3) 清晰可见。

放大：C×11,000

参　考　文　献

Moens, P. B., Mechanisms of chromosome synapsis at meiotic prophase. *Int. Rev. Cytol.* 35, 117—134 (1973)

Solari, A. J., Tres. L. L.: The three-dimensional reconstruction of the XY chromosomal pair in human spermatocytes. *J. Cell Biol.* 45. 43—53 (1970)


1
A
B
3
1
2
C
K·K·

图版 146　减数分裂。前期。晚合线期。（大鼠的精母细胞）

合线期——减数分裂前期的第二期。来自双亲的同源染色体通过尚不清楚的机制互相靠近。它们排列起来，互相缠绕，缩短，变粗，并成对（图版 145B）。

A. 于接触点处形成联会丝复合体（A 1），在低倍电镜下，可见到其外侧有暗带（两侧成分），中央有一条细线（中央成分）。它们常附着于核膜（A 2）。另一个联会丝复合体（A 3）则看到其横切面。A 图的上方显示细颗粒样和纤维状物质附着于核膜之上。这个区称为性泡（A 4），其中含有一长、一短的凝块，它们分别相当于 X 和 Y 性染色体。注意核仁（A 5）和性泡接触。

B. 为 A 图方框区的高倍放大，揭示两条平行的轴心（B 6），相隔 1200—1500 Å。轴心直径约为 100 Å，被染色质物质（B 7）包围。轴心和染色质共同形成联会丝复合体的外侧成分。轴心和轴心之间，借纤细、横行、粗约 70 Å 的微丝相连（箭头）。在外侧成分之间的中央，有一宽为 200 Å 的细线，构成联会丝复合体的中央成分（B 8）。

C. 为两个同源染色体（C 9）的立体图象，表示联会丝复合体的形成。轴心（C 6）及其染色质物质（C 7）代表稍稍偏心的染色体轴，该轴借纤细的微丝相连。染色体之间的接触部位形成中央成分（C 8）。联会丝复合体显得很短，是因为成对的染色体扭曲，切片中只能切到少数几点（A 1，2）的缘故。注意着丝点（C 10）于合线期尚未分开。

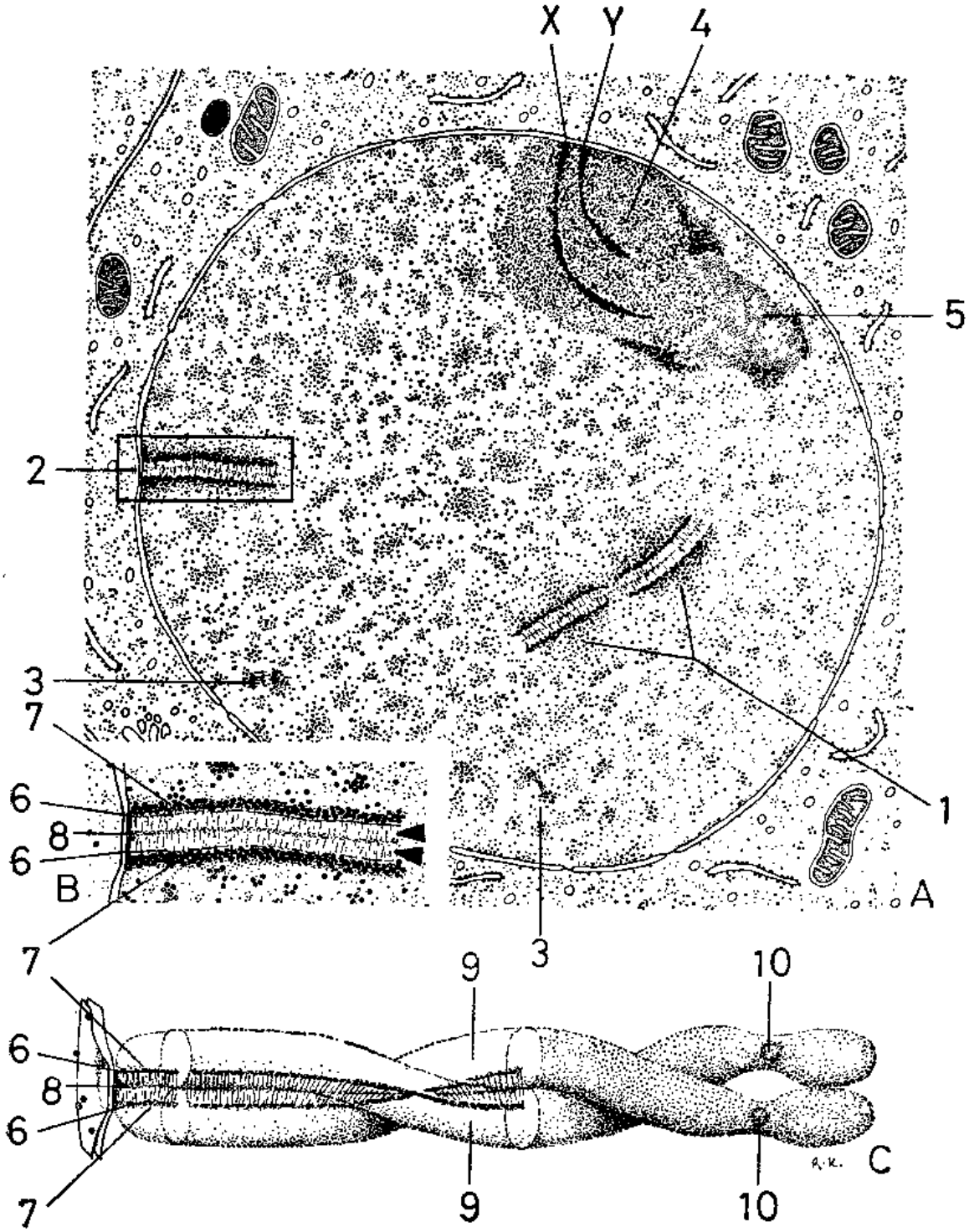
放大：A × 24,000；B × 50,000；C × 46,000

参　考　文　献

Baker, T. G., Franchi, L. L.: The fine structure of oogonia and oocytes in human ovaries. *J. Cell Sci.* 2, 213—224 (1967)

Mittwoch, U.: Sex chromatin. In: The cell in medical science. Beck, F., Lloyd, J. B. (eds.), Vol. 2, pp. 169—199. London, New York: Academic Press 1974

Solari, A. J.: The behaviour of the XY pair in mammals. *Int. Rev. Cytol.* 38, 273—317 (1974)


X
Y
4
5
2
3
7
6
8
6
B
7
1
A
3
9
10
6
8
6
7
9
10
C

图版 147　微胞饮和巨胞饮作用（人的虹膜毛细血管内皮细胞和大鼠肝脏的枯否氏细胞）

细胞膜积极参与摄取溶解物质的过程称为胞饮作用。从摄取量方面，可分为两种胞饮作用，即光镜下观察到的巨胞饮作用，和电镜下才能观察到的微胞饮作用。

A. 毛细血管内皮细胞（A 1）的质膜，在管腔面（A 2）和基底面（A 3）形成微胞饮小泡，它们也见于胞质深处（A 4），直径平均为 500 Å。其功能是从血液（A 5）通过细胞将溶质转运到组织（A 6），而将废物按相反方向送回血液（长箭头）这两个过程可以同时进行。

B. 在一定条件下，肝窦（B 1）的枯否氏细胞呈现一种管型微胞饮作用（B 2），其功能也是从细胞外摄取小量液体进入细胞内部。

微绒毛的突起（B 3）是巨胞饮活动的表达方式。依靠质膜的弯曲和融合，细胞突起包围和输入细胞的液体量大大超过微胞饮小泡。

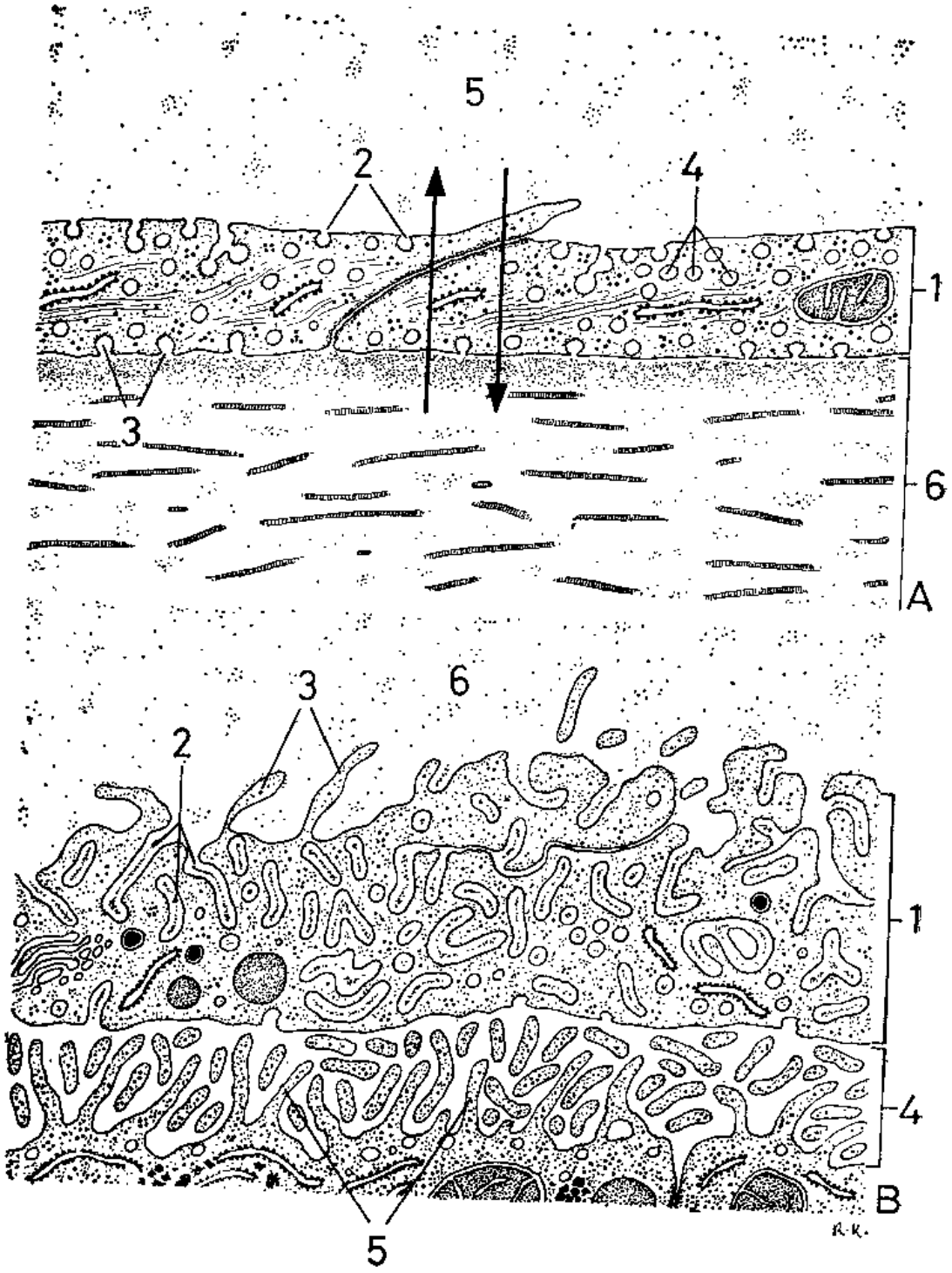
注意枯否氏细胞下面缺少基板。把它们与肝细胞分开的间隙，即狄氏窦周间隙（B 4），被大量微绒毛（B 5）占据，微绒毛使肝细胞朝向血窦（B 6）一面的表面积大为增加（图版 162）。

放大：A 及 B × 35,000

参　考　文　献

Burkel, E. W., Low, F. N., The fine structure of rat liver sinusoids, space of Dissé and associated tissue space. *Am. J. Anat.* 118, 769—784 (1966)

Orci, L., Pictet, R., Rouiller, C.: Image ultrastructurale de pinocytose dans la cellule de Kupffer du foie du rat. *J. Microsc.* 6, 413—418 (1967)


5
2
4
1
3
6
A
3
6
2
1
4
B
5
R.K.

图版 148　微胞饮(大鼠的各种毛细血管内皮细胞)。 微胞饮作用的有衣小泡(大鼠甲状旁腺细胞)

A. 图版 147 的继续。在高倍放大下,可见由发达的闭锁小带(A 2)连接的两个内皮细胞(A 1)的一部分。细胞的下方有基板(A 3)。微胞饮小泡(A 4)是质膜活动产生的(图版 147),因此胞饮小泡的膜在结构上与质膜相同。微胞饮小泡形成时,其表面由一薄膜(A 5)暂时覆盖。

横过内皮的运输可用悬浮于血中的反差物质,如铁蛋白或氧化铁来进行研究。这些物质随后被微胞饮小泡摄取。

B. 示注射到血流中的高电子密度的氧化铁颗粒(B 1),从毛细血管腔(B 2)排出而进入微胞饮小泡(B 3),并通过胞质(B 4)释放到对侧(B 5)。此种横过内皮的运输称为细胞排空作用(cytopempsis)或横过细胞作用(diacytosis)。

C. 当细胞外液中的蛋白质较多时,微胞饮活动即产生有衣小泡(C 1)。这些小泡表面被低电子密度的细丝(箭头)包绕,丝长约 150 Å,据认为是由糖蛋白构成,并负责胞饮过程的选择性(图版 153)。在细胞上方可见上皮细胞基板(C 2)和毛细血管基板(C 3)。注意靠图版上方边缘处具有窗孔(C 5)的内皮细胞的一部分(C 4)。

关于摄铁现象见图版 25。

放大:A—C × 80,000

参　考　文　献

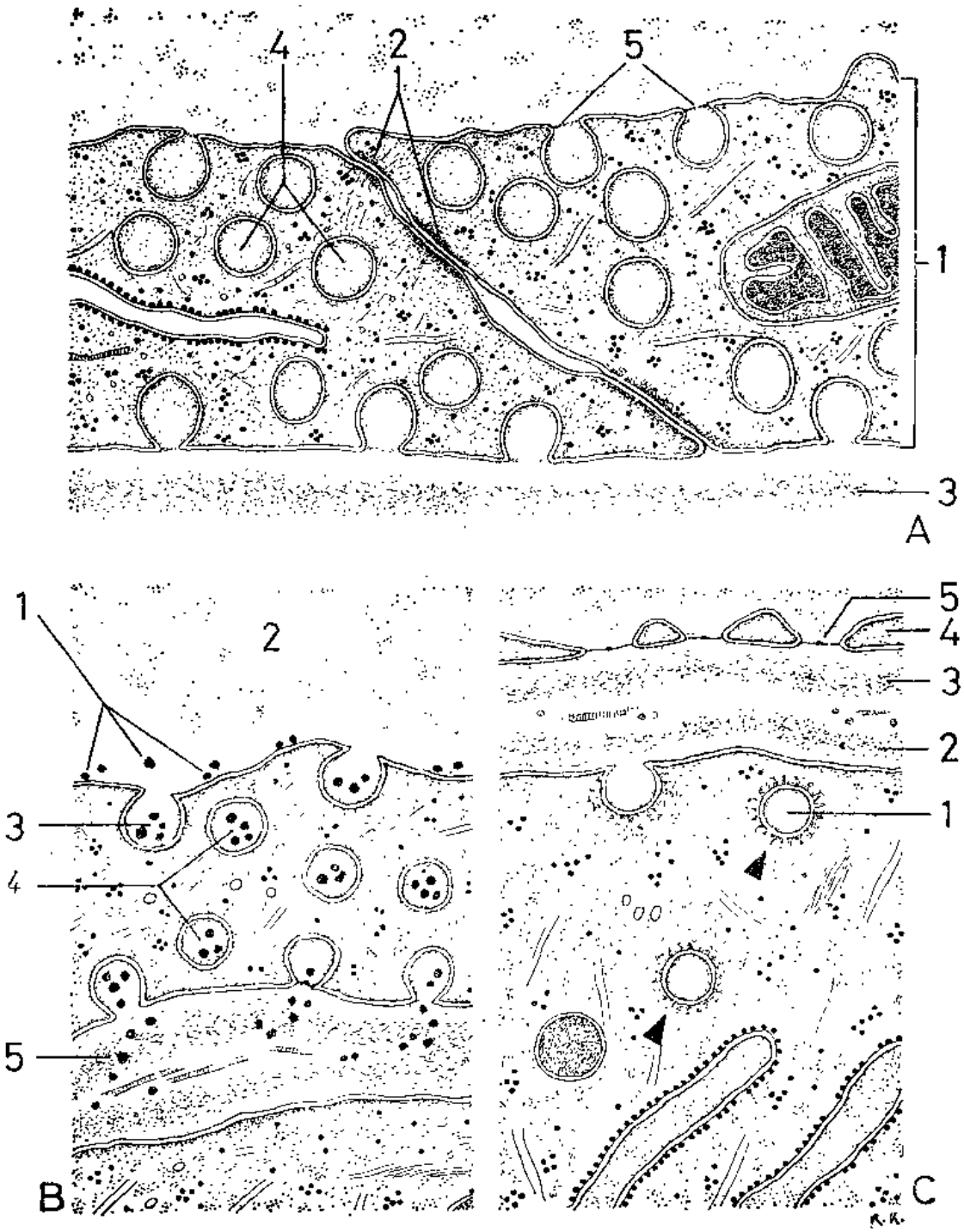
Bruns, R. R., Palade, G. E.: Studies on blood capillaries, II. Transport of ferritin molecules across the wall of muscle capillaries. *J. Cell. Biol.* 37, 277—299 (1968)

Friend. D. S., Farquhar, G. M.: Function of coated vesicles during protein absorption in the rat vas deferens. *J. Cell Biol.* 35, 357—376 (1967)

Karnovsky, M. J., Shea, S. M.: Transcapillary transport by pinocytosis. *Microvasc. Res.* 2, 353—360 (1970)

Ludatscher, R. M., Stehbens, W. E.: Vesicles of fenestrated and non-fenestrated endothelium. *Z. Zellforsch.* 97, 167—177 (1969)

Simionescu, M., Simionescu, N., Palade, G. E.: Segmental differentiations of cell junctions in the vascular endothelium. Arteries and veins. *J. Cell Biol.* 68, 705—723 (1976)


4
2
5
1
3
A
1
2
3
4
5
B
5
4
3
2
1
C

图版 149　微胞饮作用(大鼠甲状腺的有孔毛细血管)

毛细血管,其内皮细胞(1)具有直径为 400—800 Å 的小孔 (2),见于所有的内分泌腺和其它一些器官,如肾脏等,虽然它们的通透性远比无孔或连续性毛细血管(图版 150)为大,但仍然具有微胞饮小泡(3)。

内皮细胞的外围被可能具有收缩性的周细胞突起 (4) 贴附,突起之外包有基板(5)。滤泡上皮细胞(6)或 C 细胞(7)与毛细血管间的间隙称为毛细血管周围间隙(8),内含网状及胶原微纤维(9),其外界是上皮细胞的基板(10)。毛细血管周围间隙与毛细血管和细胞之间进行物质交换的过程有关。

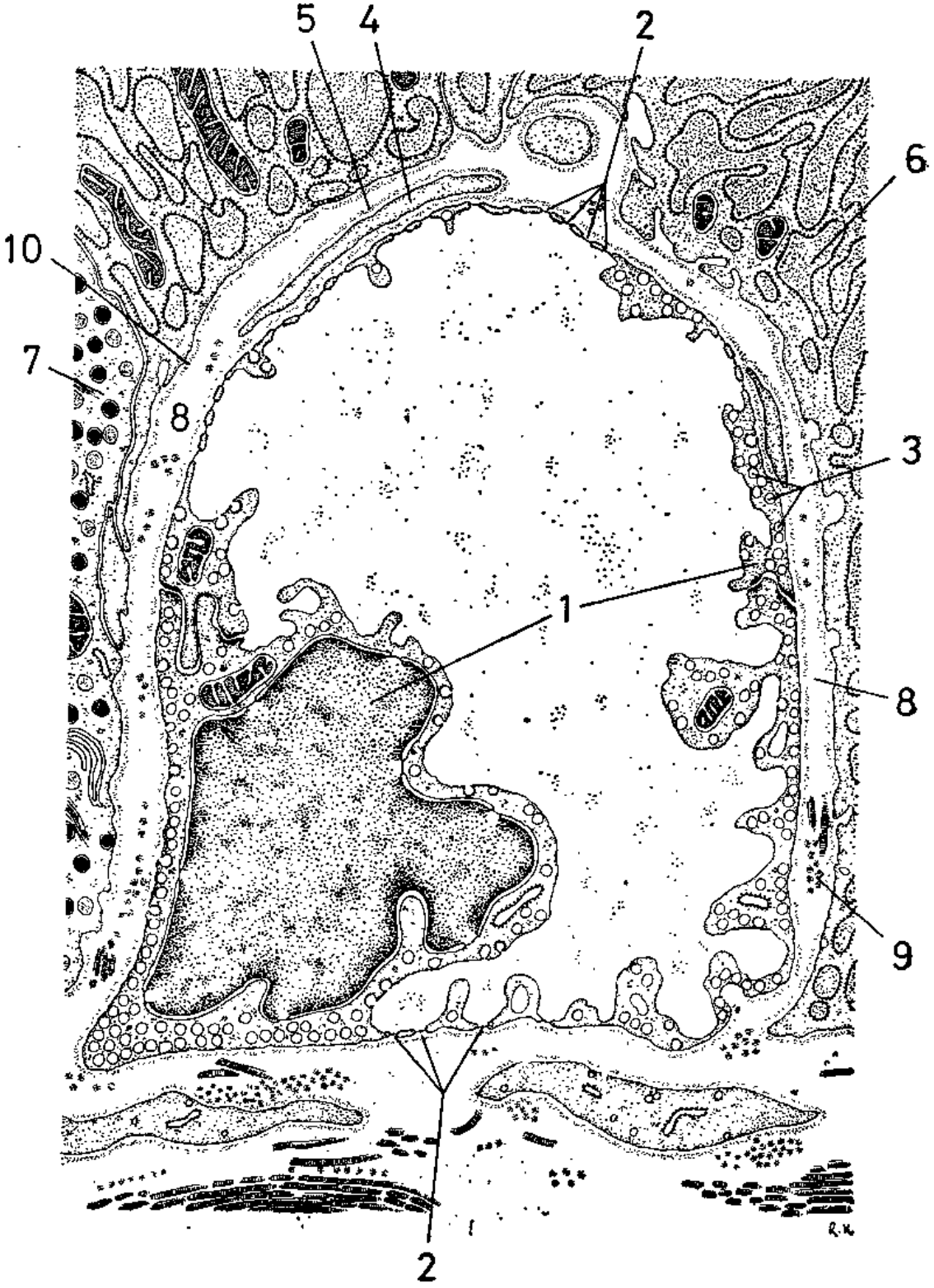
放大: ×15,000

参　考　文　献

Maul, G. G.: Structure and formation of pores in fenestrated capillaries. *J. Ultrastruct. Res.* 36, 768—782 (1971)

Simon, G.: Ultrastructure des capillaires. *Angiologia* 2, 370—434 (1965)

Wolff, J., Merker, H. J.: Ultrastruktur und Bildung von Poren im Endothel von porösen und geschlossenen Kapillaren. *Z. Zellforsch.* 73, 174—191 (1966)


5
4
2
6
10
7
8
3
1
8
9
2

图版 150　微胞饮(大鼠棕色脂肪组织中的连续毛细血管)

很多组织和器官中有连续毛细血管(1),例如,新陈代谢旺盛的棕色脂肪中,其毛细血管有特别丰富的微胞饮小泡(2),其中有一些小泡(3)可见于邻近的细胞中。

注意周细胞(4)和毛细血管周围间隙(5)靠两层基板来分界。线粒体(7)大,并含有特殊形状的嵴。图版的右下方有一脂滴(8)。

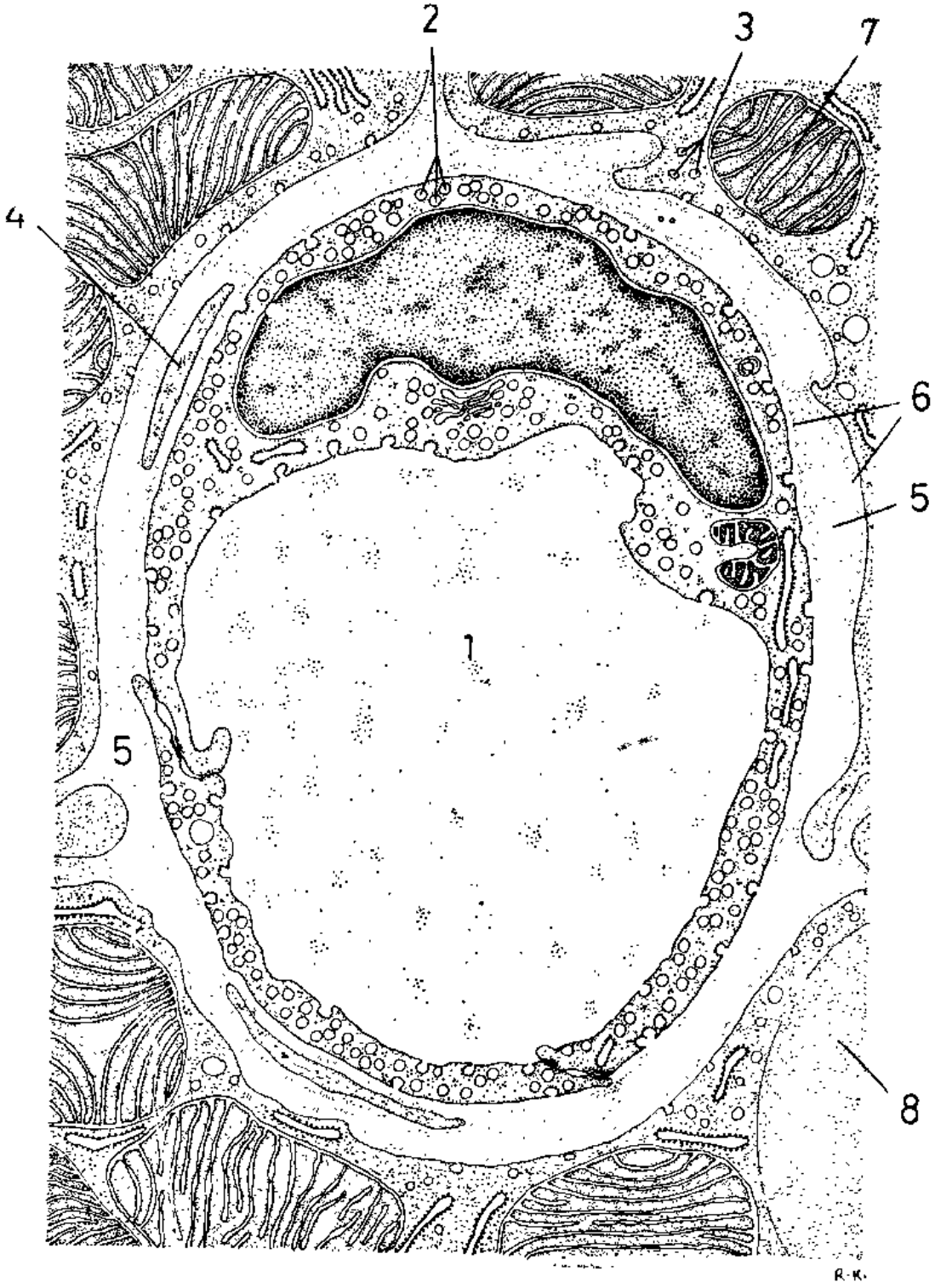
放大: ×18,000

参　考　文　献

Bruns, R. R., Palade, G. E.: Studies on blood capillaries. I. General organization of blood capillaries in muscle. *J. Cell Biol.* 37, 244—276 (1968)

Rhodin, J. A. G.: The diaphragm of capillary endothelial fenestrations. *J. Ultrastruct. Res.* 6, 171—185 (1962)

Rhodin, J. A. G.: Ultrastructure of mammalian venous capillaries, venules, and small collecting veins. *J. Ultrastruct. Res.* 25, 452—500 (1968)


2
3
7
4
6
5
1
5
8
R·K·

图版 151　微胞饮。囊泡形成。(平滑肌细胞)立体图象

平滑肌细胞的周围细胞质特别富于微胞饮小泡(1)。这种现象也见于另外一些细胞，称为囊泡形成。将基板(2)拉开，可见到细胞表面的小泡开口(3)。在融合膜(4)和周围密体(5)处没有小泡。

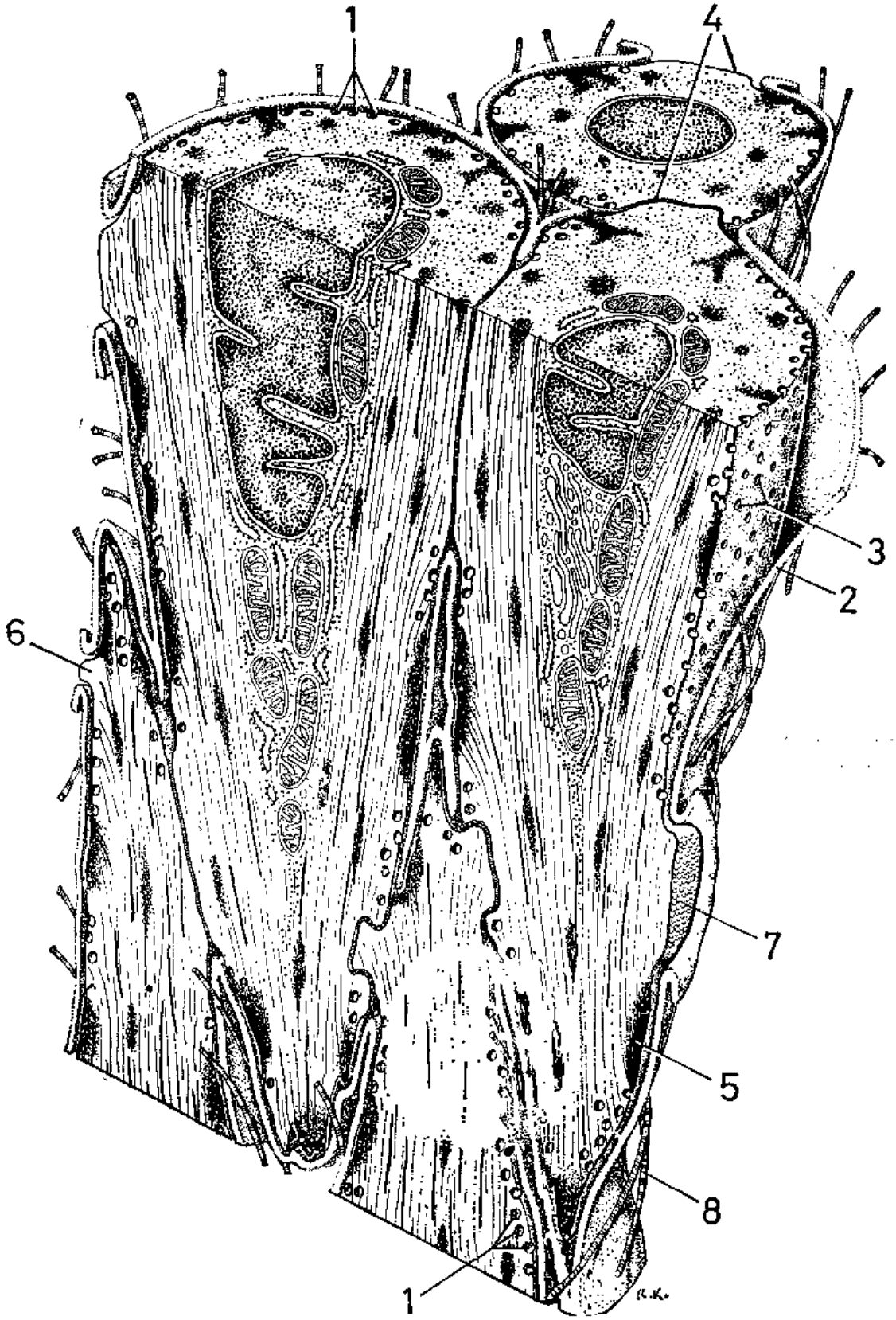
平滑肌细胞之间通过缝隙连接和牙样突起(6)而互相连接，缝隙连接和牙样突起两者共同保证了动作电位的传导以及同步收缩。

融合膜由满布着圆形颗粒(7)的带组成，可见于冷冻蚀刻标本(图版 113 和 114)。网状和胶原微纤维(8)，围绕于平滑肌细胞的周围。

放大：×18,000

参　考　文　献

Keatinge, W. R., Graham, J. M.: The smooth muscle cell. In: The cell in medical science, Beck, F., Lloyd, J. B. (eds.), Vol. 2, pp. 539—572. London, New York: Academic Press 1974


1
4
3
2
6
7
5
8
1
R.K.

图版 152　变形运动(细胞培养中的大鼠巨噬细胞)

用相差显微镜可以清楚地看到试管内(即组织培养中)的巨噬细胞的伪足、丝状伪足和波动膜的囊泡化。而利用透射电子显微镜，要想再现表明巨噬细胞变形特性的细胞伸展形状是很困难的。

扫描电子显微镜能显示出巨噬细胞运动时伸出的三种短暂的突起。

在细胞核区域(1)，有或多或少短微绒毛(2)以及纤细的、偶尔分枝的线状伪足(3)。然而，伪足(4)和波动膜(5)沿支持面伸展。除了细胞膜的弹性外，连接膜的微丝和微管在形成这些可运动的细胞突起方面，肯定起着相当重要的作用。

放大：×10,000

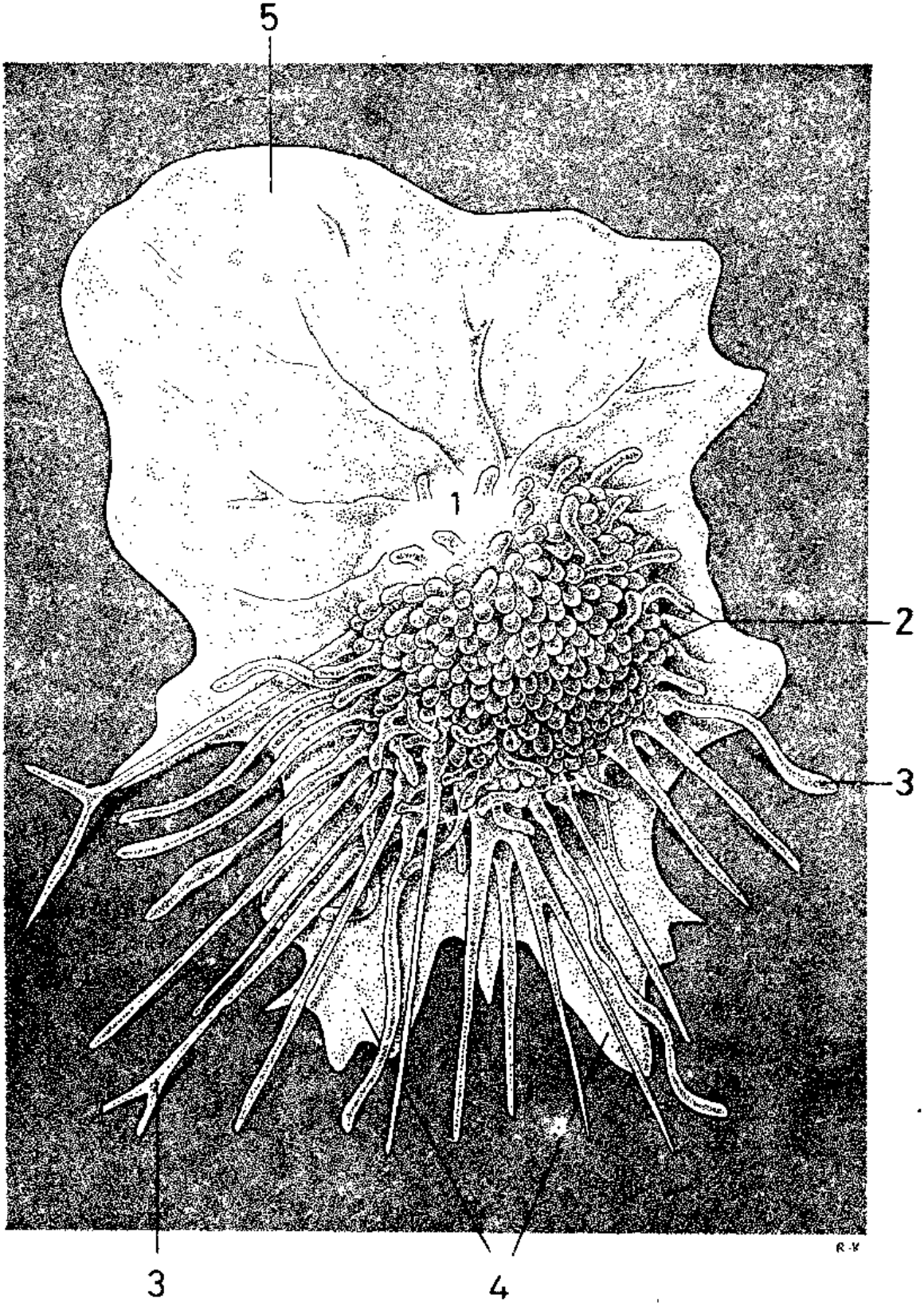
参　考　文　献

Albrecht, R. M., Hinsdill, R. D., Sandok, P. L., Mackenzie, A. P., Sachs, L. B.: A comparative study of the surface morphology of stimulated and unstimulated macrophages prepared without chemical fixation for scanning EM. *Exp. Cell Res.* 70, 230—232 (1972)

Goodall, R. J., Lai, Y. F., Thompson, J. E.: Turnover of plasma membrane during phagocytosis. *J. Cell Sci.* 11, 569—579 (1972)

Hitchcock, S.: Regulation of motility in nonmuscle cells. *J. Cell Biol.* 74, 1—15 (1977)

Parakkal, P., Pinto, J., Hanifin, J. M.: Surface morphology of human mononuclear phagocytes during maturation and phagocytosis. *J. Ultrastruct. Res.* 48, 216—226 (1974)


5
1
2
3
3
4

图版 153　蛋白质合成。立体示意图

整个遗传信息谱编码于作为染色体 DNA 一部分的碱基的顺序中。DNA 的结构像一双股螺旋，这里用两条波线(1)表示。核仁周围和核仁内的染色质(2) DNA，借具有三种 RNA 的核仁(3)控制着蛋白质的合成。

核蛋白体 RNA (rRNA) 用深色黑点表示(4)。rRNA 离开核仁并经核孔(5)进入细胞质，与细胞质的蛋白质(6)结合形成核蛋白体(7)。

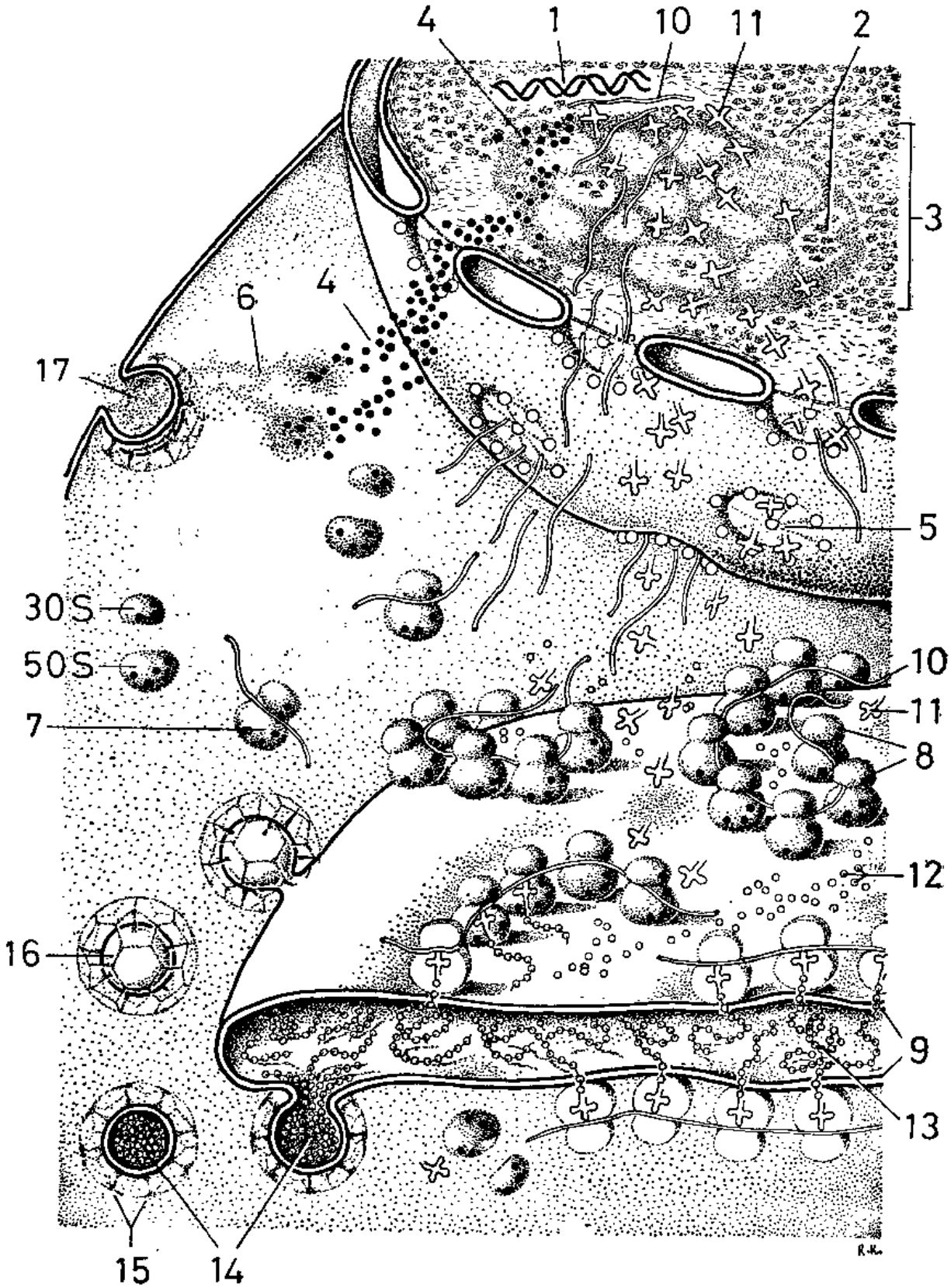
核蛋白体为圆形、直径平均为 150 Å 的嗜锇结构，由两个亚单位组成；较小亚单位的沉降系数为 30s，较大亚单位的为 50s。有证据认为，有一长约 110 Å、宽约 40 Å 的中央管通过大亚单位。当蛋白质合成时，大、小亚单位相连。

如前所述，核蛋白体可以是单独存在的，叫单核蛋白体(7)；或经常以螺旋型式成群存在的叫多核蛋白体(8)。它们可以游离在胞质基质中，或者与粗面内质网(9)膜连接。

在核仁内合成的第二种 RNA 是信使 RNA (mRNA)，它携带着 DNA 的互补碱基顺序，由长度不同、粗为 15 Å 的细丝组成 (10)。mRNA 离开核仁，并且也通过核孔迁移到细胞质，然后附着在游离的及膜结合的核蛋白体上，使得这些核蛋白体暂时具有产生特异多肽链的能力。

然而，氨基酸本身并不能产生多肽链，因为它们不能解读掺入mRNA的遗传信息。但由核仁制造的转移 RNA (tRNA) 完全具有这种功能，其三叶草样分子(11)作为连接器。一旦 tRNA 通过核孔进入细胞质，它们的特异酶一端只能钩住特异氨基酸 (12)，其分子的另一端能够译出 mRNA 分子的遗传信息，即碱基顺序。当信息被译出后，多肽链(13)按照他们遗传上决定的顺序同时集合在核蛋白体-mRNA 复合体上。(详见生物化学和分子生物学教科书)

看来，在粗面内质网的多核蛋白体上合成的多肽链，是通过中央管（被认为贯穿 50s 核蛋白体亚单位）到达内质网腔隙的。从这里多肽链被送入 650—700 Å 的运输小泡(14)，再到高尔基器(图版 27 和 28)。切片中，这些叫做有衣小泡的小泡表面显出被非常纤细的、长 150—200 Å 的针状物 (15) 覆盖。立体观中，其衣呈五角形和六角形(16)的网篮状结构，同携带蛋白质的微胞饮小泡(17)相似，(图版 148)。


4
1
10
11
2
3
6
4
17
5
30S
50S
10
11
7
8
12
16
9
13
15
14

图版 154　分泌。图解说明

分泌是细胞最重要的功能之一。

合成分泌产物所必需的物质离开毛细血管（1），并通过微胞饮作用进入细胞（长箭头）。微胞饮小泡(2)将物质释放到细胞质，在那儿进行蛋白质合成（图版 153）。合成的蛋白质如何进入内质网腔(3)尚不完全清楚。无数有衣小泡或运输小泡(4)离开内质网到高尔基器(5)，在该处完成分泌产物合成的最后步骤。小泡(6)或大泡(7)离开高尔基器形成中等嗜锇的浓缩大泡(8)，分泌产物在其中浓缩并成熟，随后较浓缩的分泌颗粒(9)被运送到细胞之外，进入腺腔(10)，最后到达排泄管（图版 1，28，43 及 44）。分泌需要的能量由线粒体供给。

放大：×15,000

参　考　文　献

Caro, L. G., Palade, G. E.: Protein synthesis, storage, and discharge in the pancreatic exocrine cell, *J. Cell Biol.* 20, 473—495 (1964)

Kanaseki, T., Kadota, K.: The "vesicle in a basket". *J. Cell Biol.* 42, 202—220 (1969)

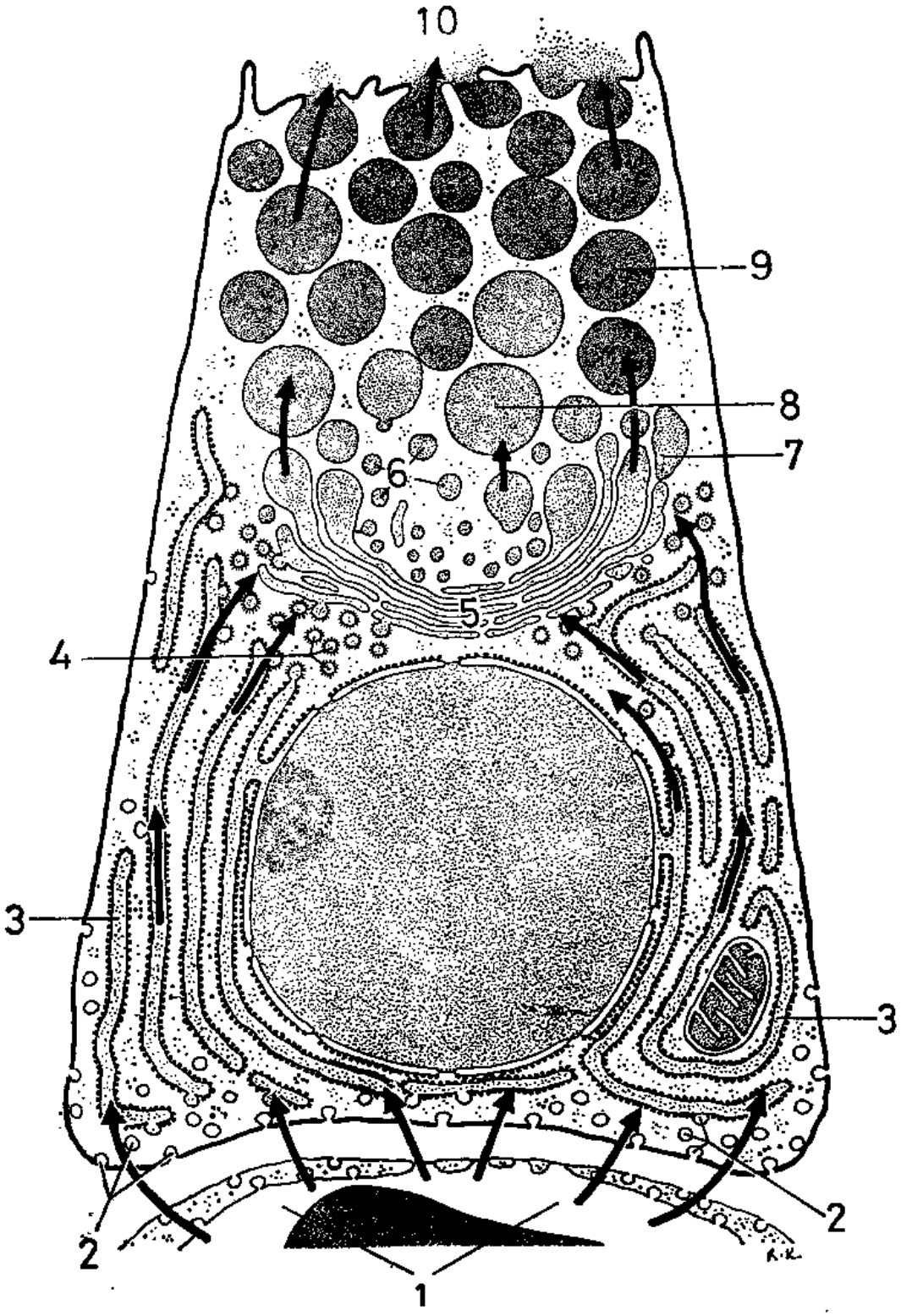
Kurosumi, K.: Electron microscopic analysis of the secretion mechanism. *Int. Rev. Cytol.* 11, 1—124 (1961)

Nanninga, N.: Structural aspects of ribosomes. *Int. Rev. Cytol.* 35, 135—188 (1973)

Ockleford, C. D., Whyte, A., Bowyer, D. E.: Variation in the volume of coated vesicles isolated from human placenta. *Cell Biol. Int. Rep.* 1, 137—146 (1977)

Policard, A.: Sur les ribosomes, ouvriers des synthèses protéiques. *Biol. Méd.* (Paris) 59, 1—17 (1970)

Stockinger, L.: Sekretbildung und-abgabe im elektronenmikroskopischen Bild. *Wien. Klin. Wochenschr.* 78, 523—525 (1966)


10
9
8
7
6
5
4
3
3
2
2
1

图版 155　分泌。漏出分泌型。(大鼠胰腺的外分泌细胞)

所有腺体可分成两大类：即外分泌的和内分泌的。在外分泌腺，分泌产物通过管道系统排到外环境。另外一些叫做内分泌腺，它们的分泌产物被排入内环境，即血液、淋巴、或脑脊液。

按照分泌过程中细胞完整程度的变化外分泌可分成三种类型。本图版及以后一些图版将说明这些方式。

图示：胰腺外分泌细胞的发达的高尔基器(1)附近有无数有衣小泡(2)。高尔基器的大泡(3)含有细小颗粒状并中等嗜锇的物质，与新芽出的及脱落的分泌颗粒(4)一样。后者叫浓缩大泡，因分泌产物在其内进行浓缩。成熟的分泌颗粒(5)在大量的粗面内质网池(6)之间被运送到细胞顶端，在那里它们的膜和质膜融合。于是分泌物被排出(7)，但不损害细胞的完整性。这种分泌方式称为漏出分泌。

放大：×30,000

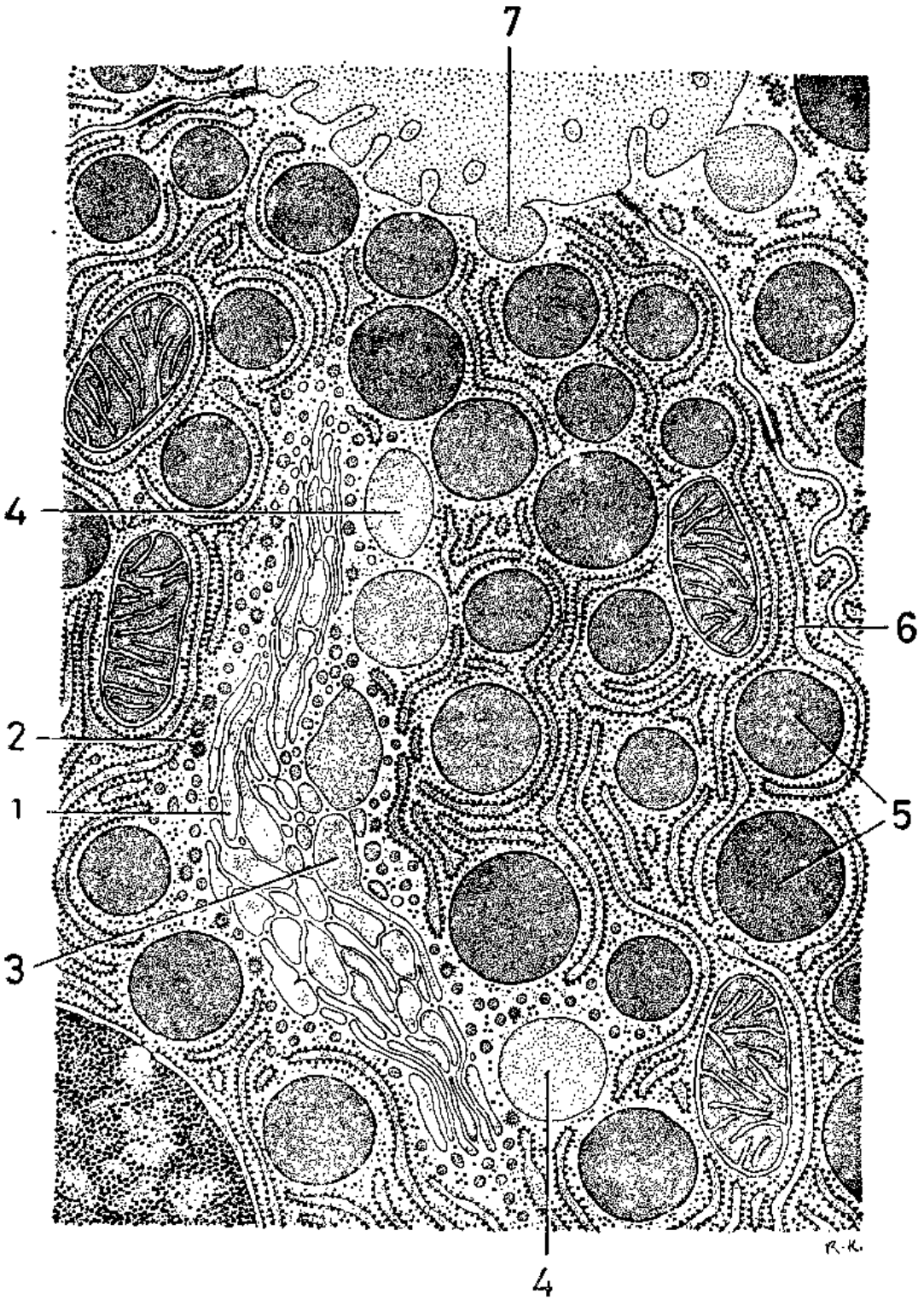
参　考　文　献

Jamieson, J. D., Palade, G. E.: Intracellular transport of secretory proteins in the pancreatic exocrine cell. I. Role of peripheral elements of the Golgi complex. *J. Cell Biol.* 34, 577—596 (1967)

Jamieson, J. D., Palade, G. E.: Condensing vacuole conversion and zymogen granule discharge in pancreatic exocrine cells: metabolic studies. *J. Cell Biol.* 48, 503—522 (1971)

Novikoff, A., Mori, M., Quintana, N., Yam, A.: Studies of the secretory process in the mammalian exocrine pancreas. I. The condensing vacuoles. *J. Cell Biol.* 75, 148—165 (1977)

Zeigel, R. F., Dalton, A. J.: Speculations based on the morphology of the Golgi systems in several types of protein-secreting cells. *J. Cell Biol.* 15, 45—54 (1962)


7
4
6
2
1
5
3
4
R.K.

图版 156　顶分泌(大鼠授乳期乳腺上皮细胞)

与漏出分泌的形式不同,顶分泌伴随着顶端细胞质的丢失。

乳腺上皮细胞制成大的脂类小滴(1),它们被排出细胞后即为乳汁脂肪小球,小球之外包有一薄层细胞质(2),细胞质中包含细胞器,如线粒体(3)或小的蛋白质颗粒(4)。图版的右上方为脂肪泡的一部分的高倍放大,显示被排出的细胞部分,此处与脂类小滴不同(图版 78 和 79),有细胞膜(箭头)包绕。

此外,乳腺细胞还合成电子密度大而没有膜的酪蛋白颗粒(4),这种物质是通过漏出分泌方式(长箭头)释放到腺泡腔内的。乳腺上皮细胞内的动质丰富,因而有漏出分泌和顶分泌两种方式。肌上皮细胞(5)的收缩有助于将分泌物挤入排泄管中。

放大: ×10,000; 插图 ×120,000

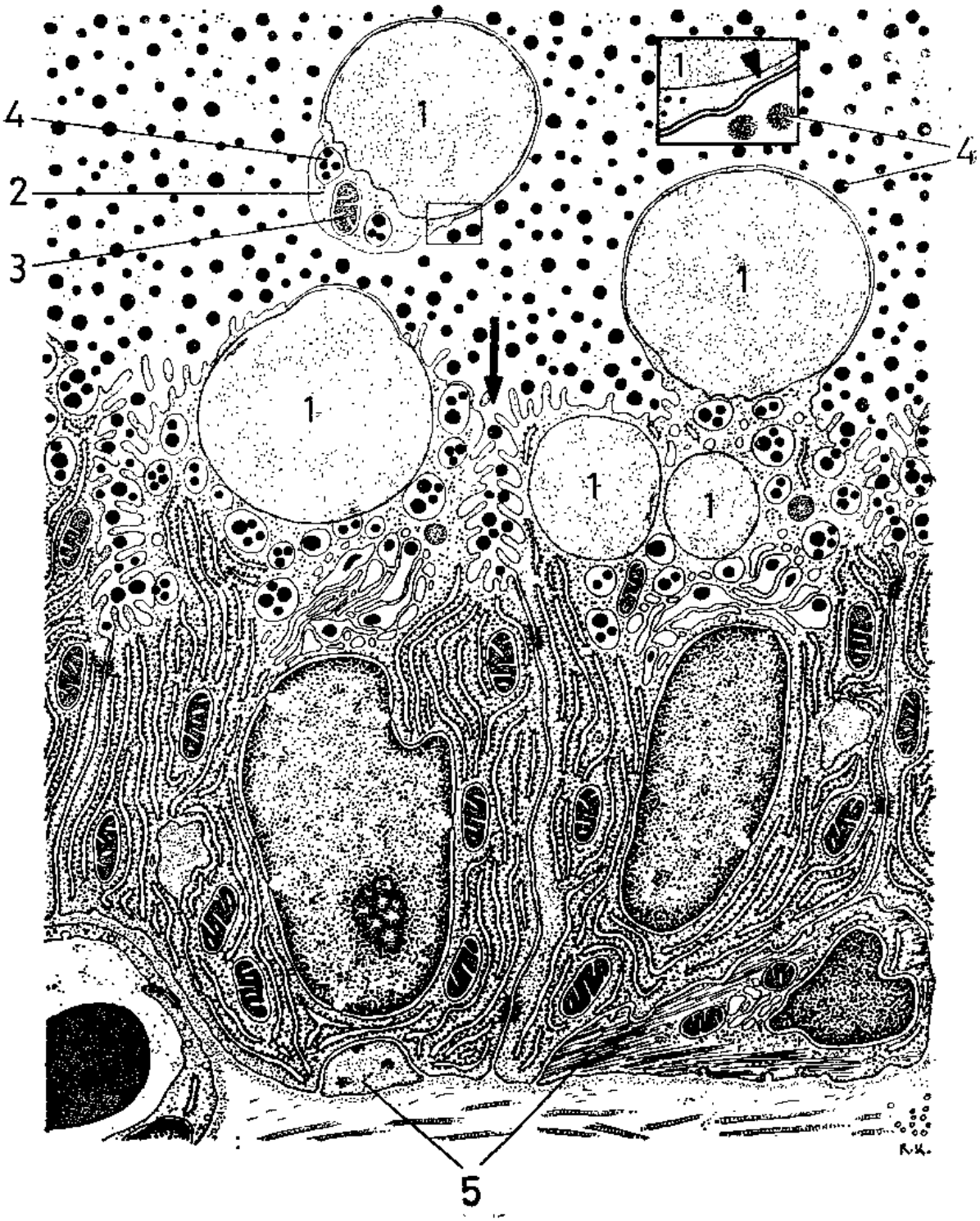
参　考　文　献

Bargmann, W., Fleischhauer, K., Knoop, A.: Über die Morphologie der Milchsekretion, II. Zugleich eine Kritik am Schema der Sekretionsmorphologie. *Z. Zellforsch.* 53, 545—568 (1961)

Helminen, H. J., Ericsson, J. L. E.: Studies on mammary gland involution. I. On the ultrastructure of the lactating mammary gland. *J. Ultrastruct. Res.* 25, 193—213 (1968)

Kurosumi, K., Kobayashi, Y., Baba, N.: The fine structure of mammary glands of lactating rats, with special reference to the apocrine secretion. *Exp. Cell Res.* 50, 177—192 (1968)

Stockinger, L., Zarzicki, J.: Elektronenmikroskopische Untersuchungen der Milchdrüse des laktierenden Meerschweinchens mit Berücksichtigung des Saugaktes. *Z. Zellforsch.* 57, 106—123 (1962)


1
1
1
1
1
1
1
4
2
3
4
5

图版 157　全分泌(人的皮脂腺细胞)

在全分泌中,以皮脂腺为例,分泌物合成时,伴随着细胞的死亡。

A. 泡状的皮脂腺腺腔被崩解的细胞占据。长方框内的细胞显示于 B 图。

B. 细胞内有发达的滑面内质网(1)。上方的细胞中,滑面内质网的膜已成为碎片,并有许许多多的脂类颗粒 (2)。周围的黑色颗粒是由于四氧化锇浸透不全而造成的。上方的细胞具有一高电子密度的带浓缩染色质的核(3),可与该细胞下方(A 和 B)的幼稚细胞对照。这种所谓的核固缩是表明细胞即将死亡,而线粒体肿胀(4)进一步表明细胞死亡。当细胞崩解时,其脂类产物(即皮脂)被释放到腺腔内。

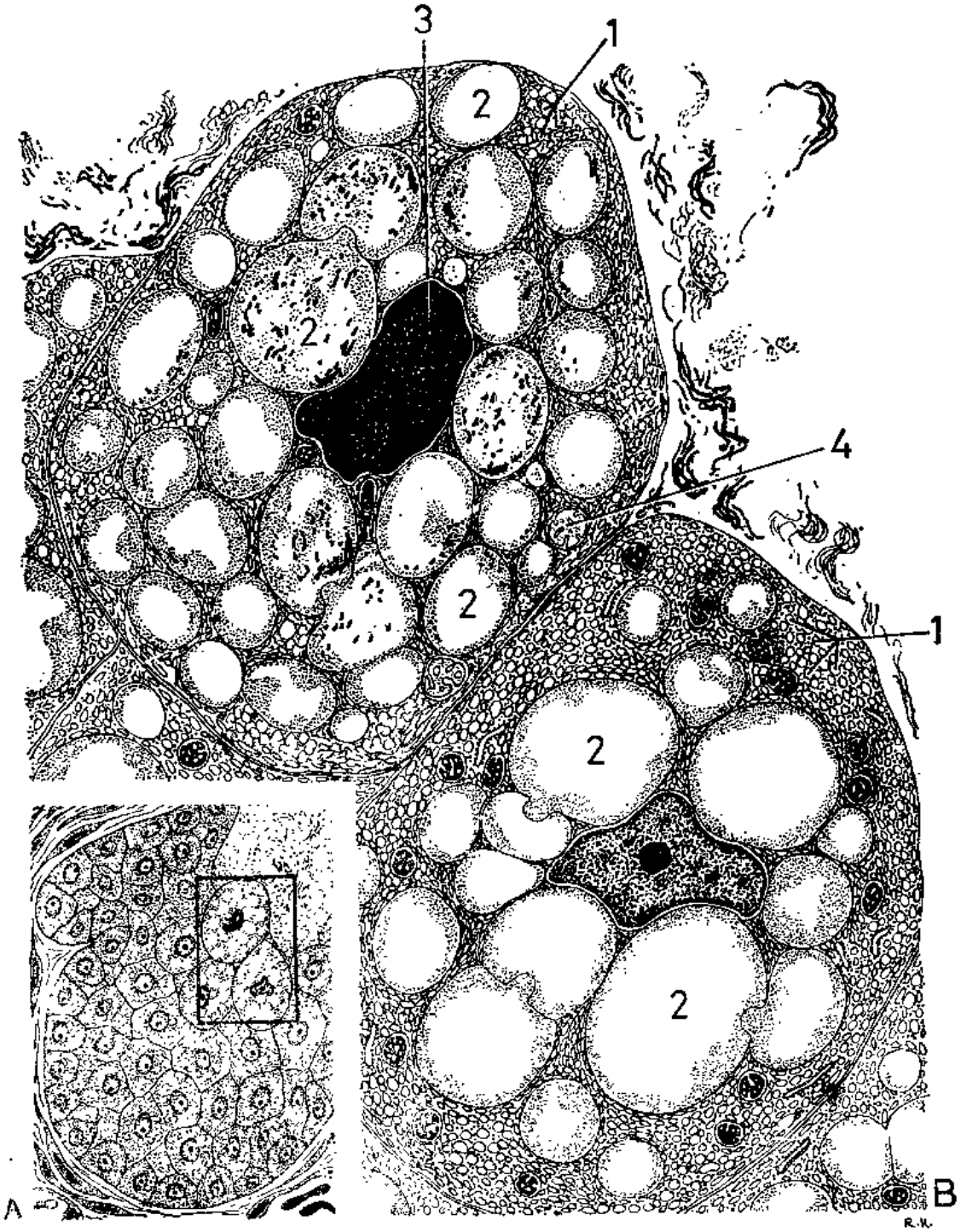
放大: A×650; B×5,600

参　考　文　献

Kurosumi, K., Kitamura, T., Kano, K.: Electron microscopy of the human sebaceous gland. *Arch. Histol Jpn.* 20, 235—246 (1960)

Mesquita-Guimaraes, J., Coimbra, A.: Holocrine cell lysis in the rat preputial sebaceous gland. Evidence of autophagocytosis during cell involution. *Anat. Rec.* 186, 49—68 (1976)

Rupec, M.: Zur Ultrastruktur der Talgdrüsenzelle. *Arch. Klin. Exp. Dermatol.* 234, 273—292 (1969)


3
1
2
2
4
2
1
2
2
A
B
R.K.

图版 158　角化(人的表皮)

像皮脂腺细胞那样，角化的表皮细胞随其死亡而在机体中起着重要作用。

A. 横的长方框内的部分(1)，相当于颗粒细胞层，放大后见B图。竖立的长框(2)为角质细胞层的一部分，相当于图版 159。

B. 颗粒细胞层的细胞在细胞质 (B 1)、核 (B 2) 和线粒体 (B 3) 中制造嗜锇的透明角质颗粒。大量张力丝 (B 4) 连接在透明角质颗粒上，就表明角化即将发生。注意细胞内有张力原纤维 (B 5)。

放大：A×1,000；B×20,000

参　考　文　献

Jessen, H.: Two types of keratohyalin granules. *J. Ultrastruct. Res.* 33, 95—115 (1970)

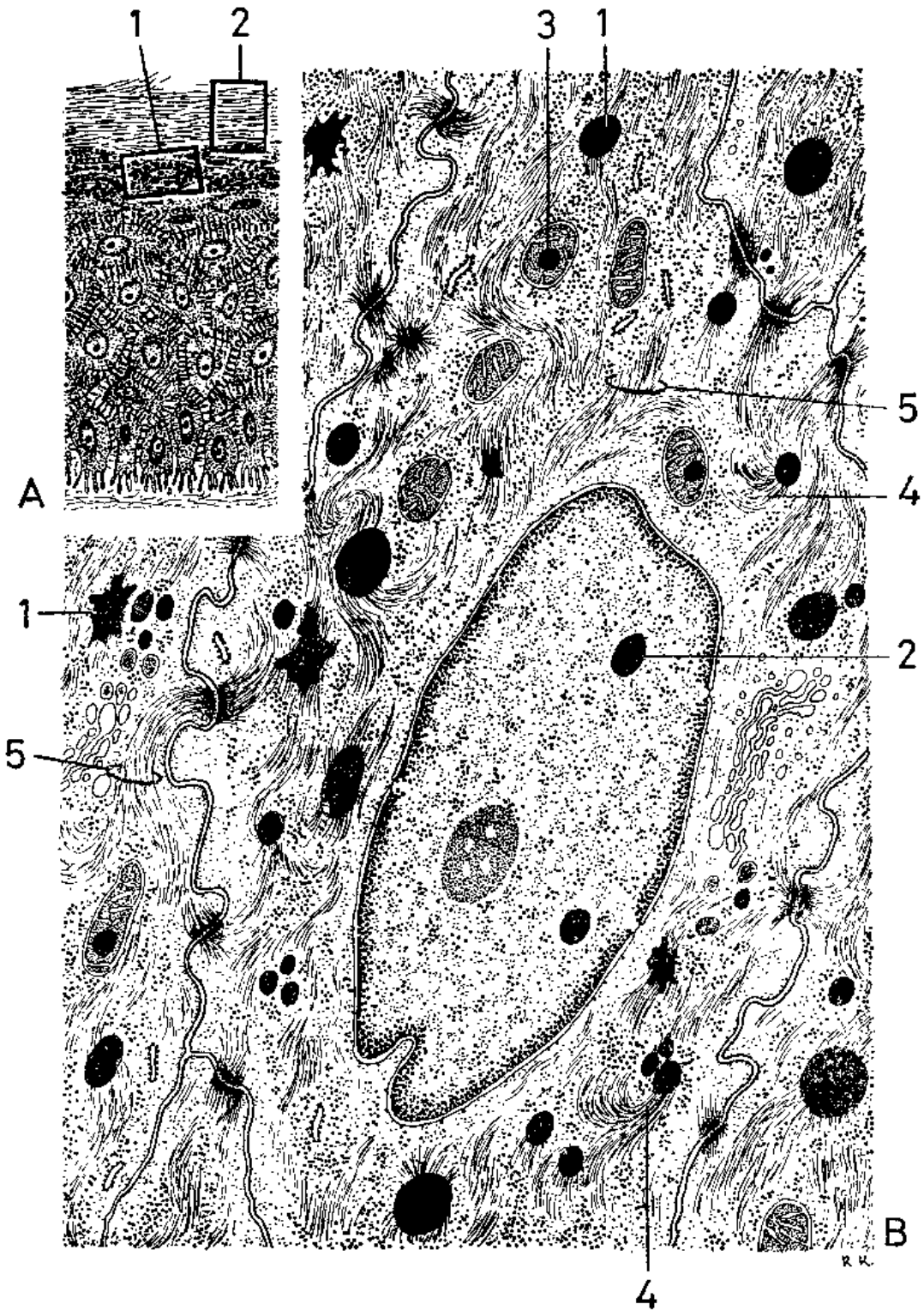
Jessen, H., Peters, P. D., Hall, T. A.: Sulphur in epidermal keratohyalin granules: A quantitative assay by X-Ray microanalysis. *J. Cell Sci.* 22, 161—171 (1976)

Menton, D. N., Eisen, A. Z.: Structure and organisation of mammalian stratum corneum. *J. Ultrastruct. Res.* 35, 247—264 (1971)

Millward, G. R.: The substructure of α-keratin microfibrils. *J. Ultrastruct. Res.* 31, 349—355 (1970)

Plačková, A., Skach, M.: Feinstrukturelle Untersuchungen zur Keratinisierung der Papilla filiformis der Zunge des Menschen. *Z. Mikrosk. Anat. Forsch.* 89, 305—318 (1975)

Wier, K., Fukuyama, K., Epstein, W. L.: Nuclear changes during keratinisation of normal human epidermis. *J. Ultrastruct. Res.* 37, 138—145 (1971)


1
2
3
1
A
5
4
1
2
5
4
B

图版 159　角化。续图版 158

颗粒细胞层上部细胞中的微丝(1)和透明角质颗粒(2)的数量随着逐渐角化而增加。随着这些细胞的死亡，剩下充满微丝(1)的高电子密度的无核角质壳(3)。仍然存活的细胞(5)的表面只保留半桥粒(4)所特有的结构，但更大的改变在角化的细胞之内。一种细胞间物质，有时是板层样物质(6)，出现在角质细胞和半桥粒之间。随着硫氢基氧化成二硫基，角质细胞的蛋白质获得很大的机械的和化学的抗性。因而能承担它们作为保护层的主要功能。

当角化细胞的表层以角质小片的形式脱落时，就由表皮深层的细胞不断地替换它们。

放大：×40,000

参　考　文　献

Breathnach, A. S., Goodman, T., Stolinski, C., Gross, M.: Freeze-fracture replication of cells of stratum corneum of human epidermis. *J. Anat.* 114, 65—81 (1973)

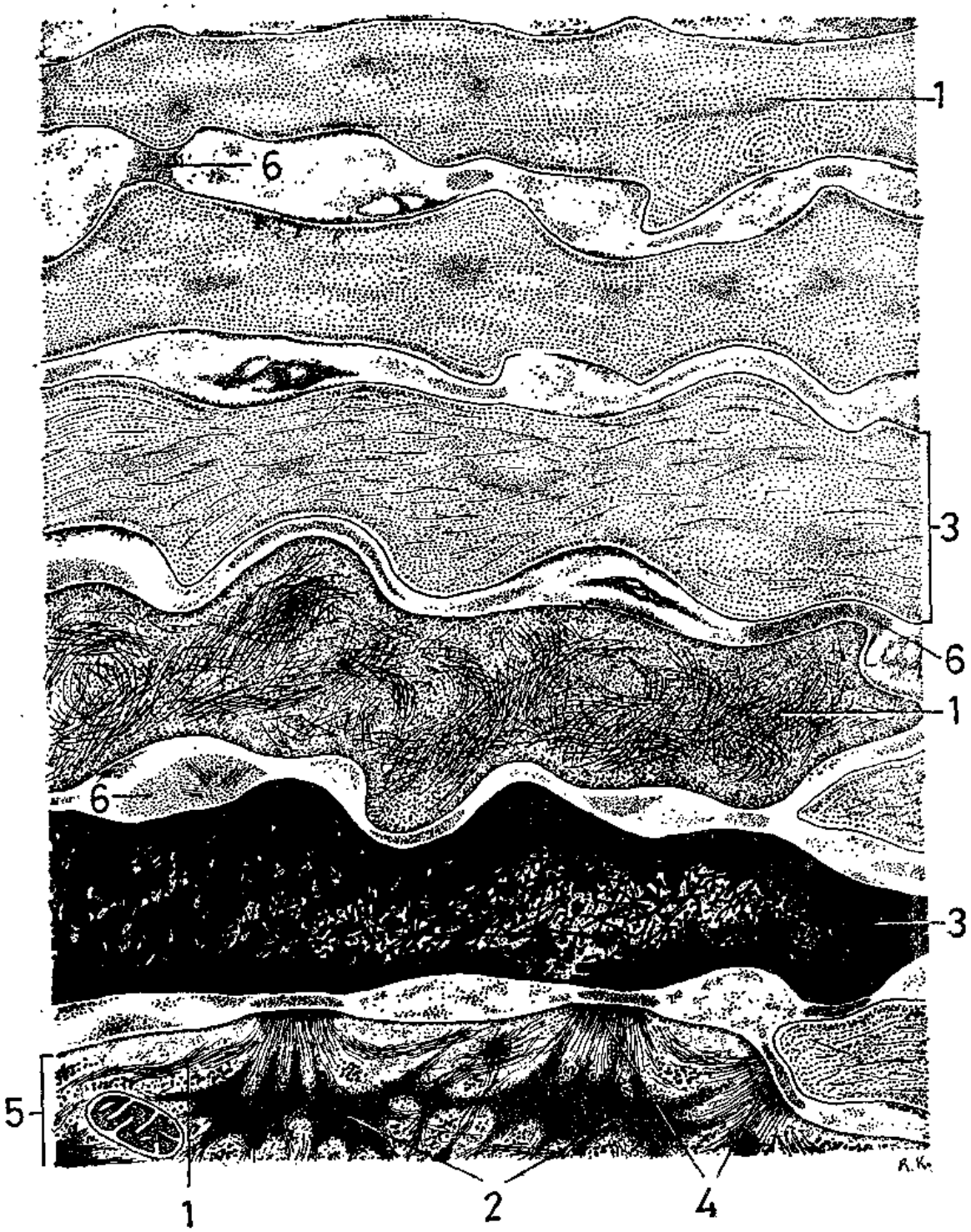
Brody, I.: The ultrastructure of the tonofibrils in the keratinization process of normal human epidermis. *J. Ultrastruct. Res.* 4, 264—297 (1960)

Farbman, A. I.: Plasma membrane changes during keratinisation, *Anat. Rec.* 156, 269—282 (1966)

Fukuyama, K. A., Wier, K. A., Epstein, W. L.: Dense homogenous deposits of keratohyalin granules in newborn rat epidermis. *J. Ultrastruct. Res.* 38, 16—26 (1972)

Gonzalez, L. F., Krawczyk, W. S., Wilgram, G. F.: Ultrastructural observation on the enzymatic activity of keratinosomes. *J. Ultrastruct. Res.* 55, 203—211 (1976)

Weinstock, M., Wilgram, G. F.: Fine-structural observations on the formation and enzymatic activity of keratinosomes in mouse tongue filiform papillae. *J. Ultrastruct. Res.* 30, 262—274 (1970)


1
6
3
6
1
6
3
5
1
2
4
A.K.

图版 160　排泄途径。细胞内小管。(大鼠胃腺的壁细胞)

内分泌细胞和大多数外分泌细胞不具有特殊的小管来排出它们的分泌物，但胃腺壁细胞，或称泌酸细胞，属于例外之一。其特点是有一分枝的、内面衬着大量微绒毛的细胞内小管(1)系统。赖于细胞的活动，这些小管可伸展达靠近基底部的质膜。

壁细胞将盐酸-蛋白复合物分泌到小管内，只有一旦复合物到达胃腔，才分解成游离盐酸和蛋白质。壁细胞在合成盐酸-蛋白质复合物时需要的大量能量是由大量大线粒体(2)供给的。

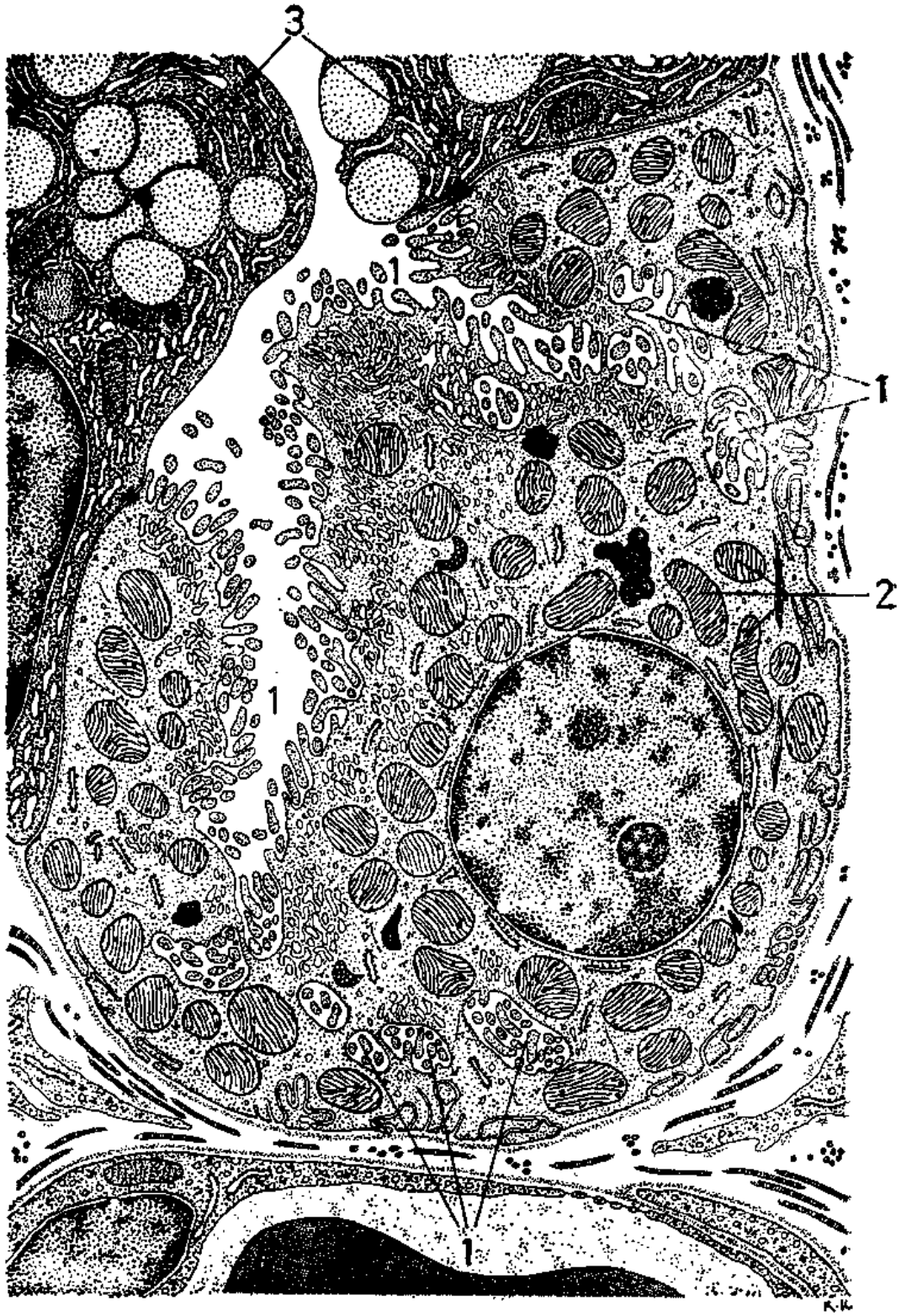
壁细胞的侧面和产生胃蛋白酶的主细胞(3)相接(图版 42，43)。

放大：×10,000

参　考　文　献

Helander, H.: Ultrastructure of fundus glands of the mouse gastric mucosa. *J. Ultrastruct. Res.* [Suppl.] 4, 1–123 (1962)

Rubin, W., Roos, L. L., Sleisenger, M. H., Jeffries, G. H.: The normal human gastric epithelia. *Lab. Invest.* 19, 598—626 (1968)


3
1
1
2
1
1

图版 161　排泄途径。细胞间小管。(大鼠肾小球旁器官的致密斑细胞)

在图版 156 中长箭头指的是一个细胞间小管，通过它乳腺细胞一部分酪蛋白颗粒得以排出。同样地，小管见于收缩状态的移行上皮(图版 92)的表层细胞之间，当尿系充盈而上皮伸展时其作用如同储备的膜。

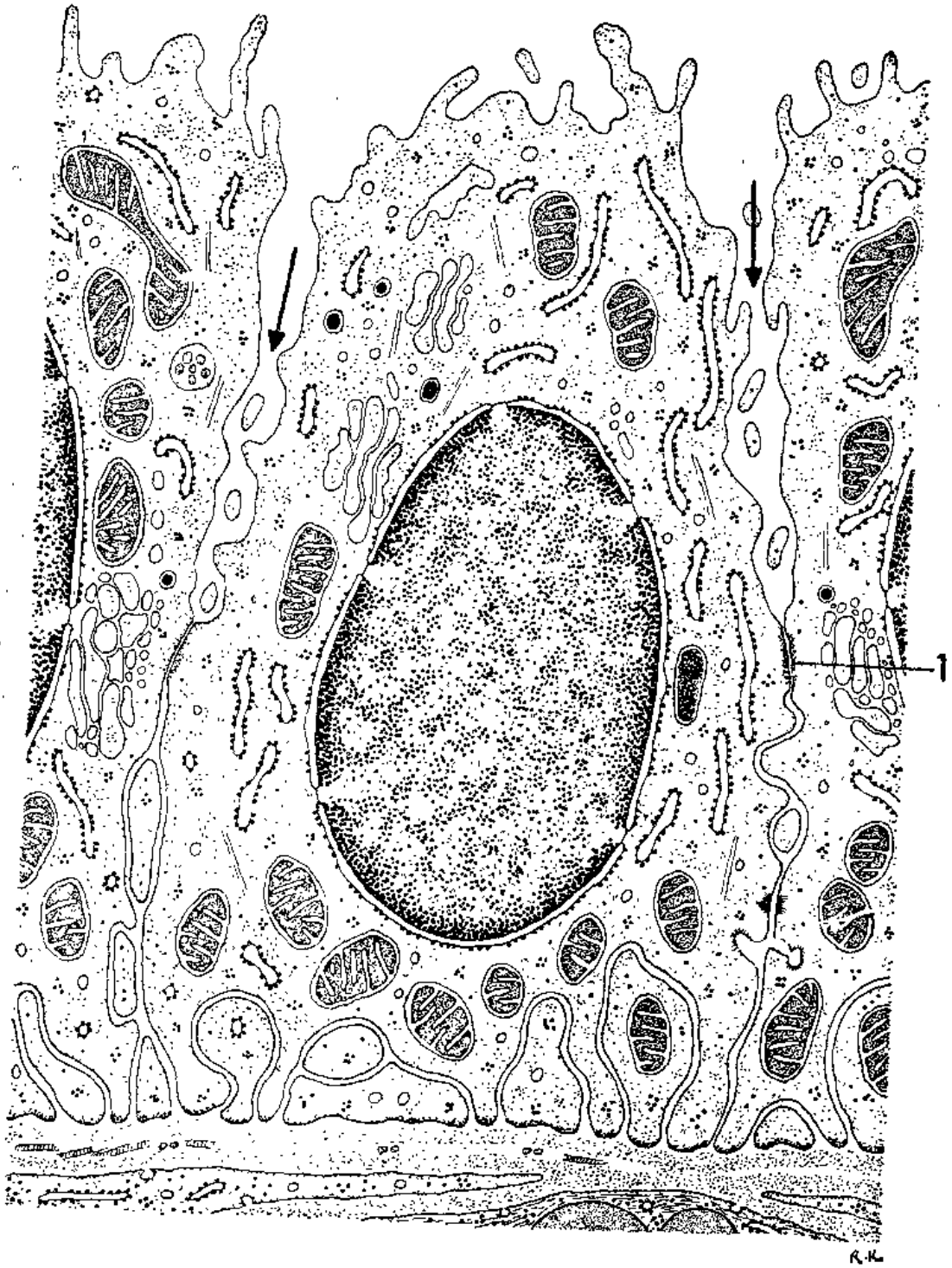
本图版所表明是长的细胞间小管(长箭头)，它们有时可见于致密斑细胞之间(见组织学教科书)。由于它们伸达闭锁小带(1)，因此溶解在远曲小管腔内的电解质，似乎可能更易达到球旁复合体的更深部的细胞。细胞间小管的重要性还反映在增加了肾单位远曲小管的吸收表面积。

放大：×25,000

参　考　文　献

Bucher, O., Kaissling, B.: Morphologie des juxtaglomerulären Apparates. *Verh. Anat. Ges.* 67, 109—136 (1973)

Zaitsu, A.: Intercellular secretory canaliculi in the feline laryngeal gland. *Arch. Histol. Jpn.* 39, 339—345 (1976)


1
R.K.

图版 162　排泄途径。细胞间小管。(大鼠的肝细胞)

胆汁由肝实质细胞产生，经细胞间小管(1)排泄。细胞间小管(它们的最简单的形式)是由两个相邻的肝细胞围成。胆小管位于肝细胞索(2)的中央，尽可能远离血窦(3)，从而防止了血与胆汁相混。胆小管被连续成排的闭锁小带(4)封闭。此外，狄氏窦周间隙(5)被很多桥粒(6)和缝隙连接(7)密封。

假若胆小管一旦失去密封或肝细胞死亡，胆汁就会漏入血液引起黄疸。

注意在肝细胞索的两侧，可看到枯否氏细胞(8)和红细胞(9)。

放大：×20,000

参　考　文　献

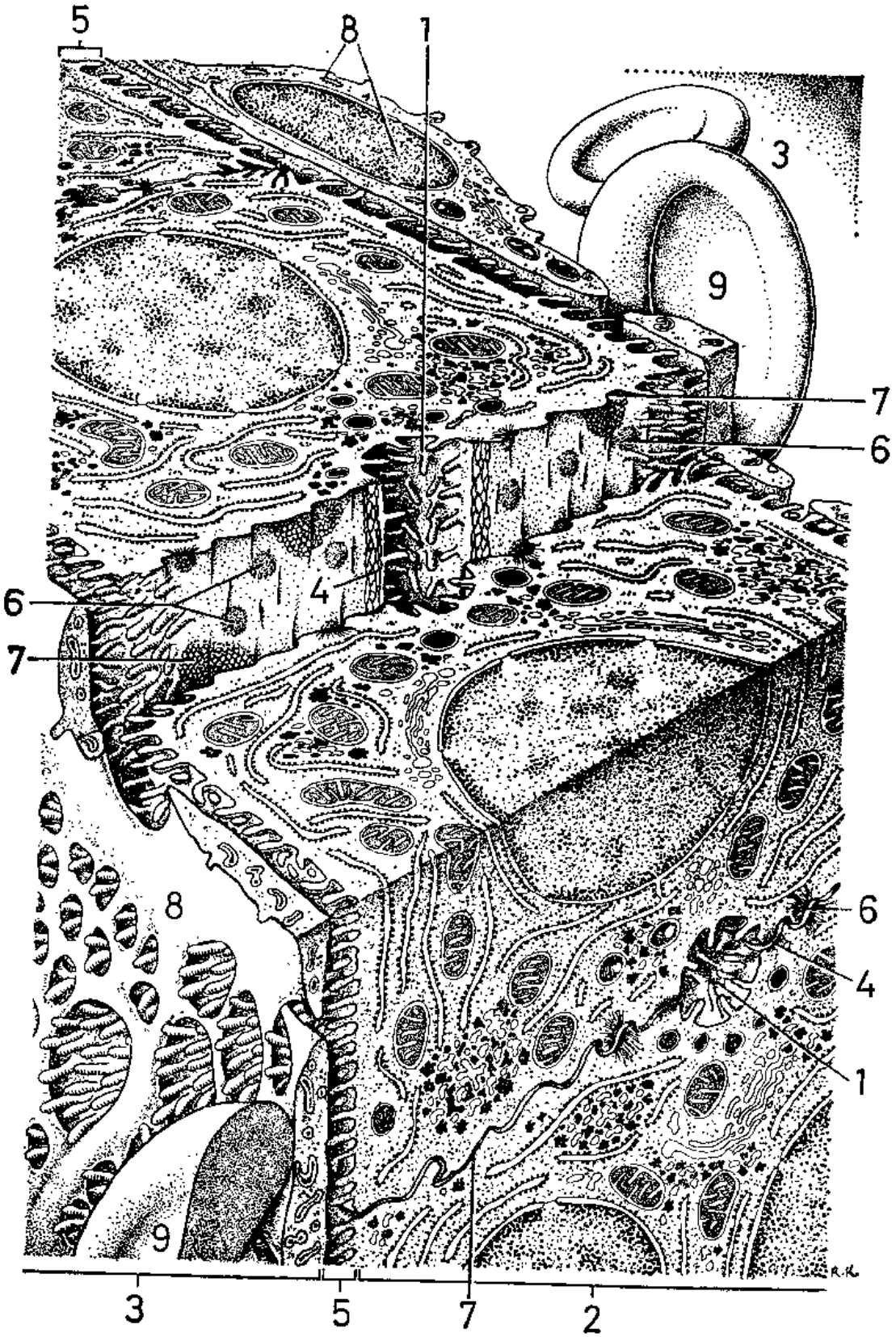
Brooks, S. E. H., Haggis, G. H.: Scanning electron microscopy of rat's liver. Application of freeze-fracture and freeze drying techniques. *Lab. Invest.* 29, 60—64 (1973)

Goodenough, D. A., Gilula, N. B.: The splitting of hepatocyte gap junctions and zonulae occludentes with hypertonic disaccharides. *J. Cell Biol.* 61, 575—590 (1974)

Marinozzi, G., Muto, M., Correr, S., Motta, P.: Scanning electron microscope observations of intrahepatic biliary tree. *J. Submicrosc. Cytol.* 9, 127—143 (1977)

Motta, P., Porter, K. R.: Structure of the rat liver sinusoids and associated tissue spaces as revealed by scanning electron microscopy. *Cell Tissue Res.* 148, 111—125 (1974)

Stockinger, L.: Ultrastruktur und Histophysiologie der menschlichen Leber. *Wien. Klin. Wochenschr.* 81, 431—434 (1969)


5
8
1
3
9
7
6
6
4
7
8
6
4
1
9
3
5
7
2

图版 163　内分泌(大鼠甲状腺的C细胞)

内分泌腺的最显著的特点是没有排泄管，而且内分泌细胞没有专用作释放其分泌物的特殊位置，但能在它们表面的几乎任何一点将分泌物排到组织液中。

C细胞和其它内分泌细胞的细胞质内以大量嗜锇颗粒(1)形式储存激素。根据机体需要，这些载激素颗粒被释放到毛细血管周围间隙(2)，由此最终到达血液(3，长箭头)或淋巴管(图版164)，而细胞质没有损失。这两个过程分别称作血液激素分泌和淋巴激素分泌。

放大：×12,000

参　考　文　献

Ekholm, R., Ericson, L. E.: The ultrastructure of the parafollicular cells of the thyroid gland in the rat. *J. Ultrastruct. Res.* 23, 378—402 (1968)

Ericson, L. E.: Degranulation of the parafollicular cells of the rat thyroid by vitamin D_3-induced hypercalcemia. *J. Ultrastruct. Res.* 24, 145—149 (1968)

Ericson, L. E.: Subcellular localization of 5-hydroxytryptamine in the parafollicular cells of the mouse thyroid gland. An autoradiographic study. *J. Ultrastruct. Res.* 31, 162—177 (1970)

Kameda, Y.: Electronmicroscopic studies on the parafollicular cells and parafollicular cell complexes in the dog. *Arch. Histol. Jpn.* 36, 89—105 (1973)

Nunez, E. A., Hedhammar, Å., Wu, F.-M., Whalen, J. P., Krook, L.: Ultrastructure of the parafollicular (C) cells and the parathyroid cell in growing dogs on a high calcium diet. *Lab. Invest.* 31, 96—108 (1974)

1
2
3

图版 164　内分泌。含激素颗粒的胞吐作用。(大鼠的各种细胞)

A. 在胞吐或颗粒释放过程中的脑垂体促性腺(嗜碱性)细胞。

一些密度大的颗粒(A 1)或弱嗜锇颗粒(A 2)正被一个个地从细胞中排出(箭头)。另一些颗粒的膜合并形成长小管(A 3)，开口于毛细血管周围间隙(A 4)。因此有一些颗粒位于细胞和基板(A 5)之间。一旦它们到达毛细血管周围间隙，它们就溶化，而不再是可见的形态结构。然后激素通过毛细血管基板(A 6)和内皮进入血液(A 7)。

B—D. 图示同一个垂体细胞中颗粒分泌的不同时期。当颗粒(B 1)接近细胞膜时，两种结构之间出现浓缩物(B 2)，接着由于柄(C 箭头)的形成标志它们的细胞膜在此融合。最后时期，颗粒位于细胞和基板(D 3)之间。注意颗粒由单位膜包绕。

E. 同样的内分泌细胞的冷冻蚀刻标本，在断裂面上可见有两个颗粒(E 1)，较大的一个内含一些物质。于右方，在颗粒从细胞释放的位置，于细胞表面，出现弹坑样的凹陷(E 2)。断裂线通过一个凹陷(E 3)。质膜上的圆形隆起(E 4)是由接近的颗粒产生的。

F. 甲状旁腺细胞的颗粒的分泌是按照 A—D 所表明的同一机制，只不过是其颗粒(F 1)小得多，并可以释放到细胞间隙中(F 2)。

放大：A×48,000；B—D×150,000
E×55,000；F×92,000

参　考　文　献

Daikoku, S., Takahashi, T., Kojimoto, H., Watanabe, Y. G.: Secretory surface phenomena in freeze-etched preparations of the adenohypophysial cells and neurosecretory fibers. *Z. Zellforsch.* 136, 207—214 (1973)

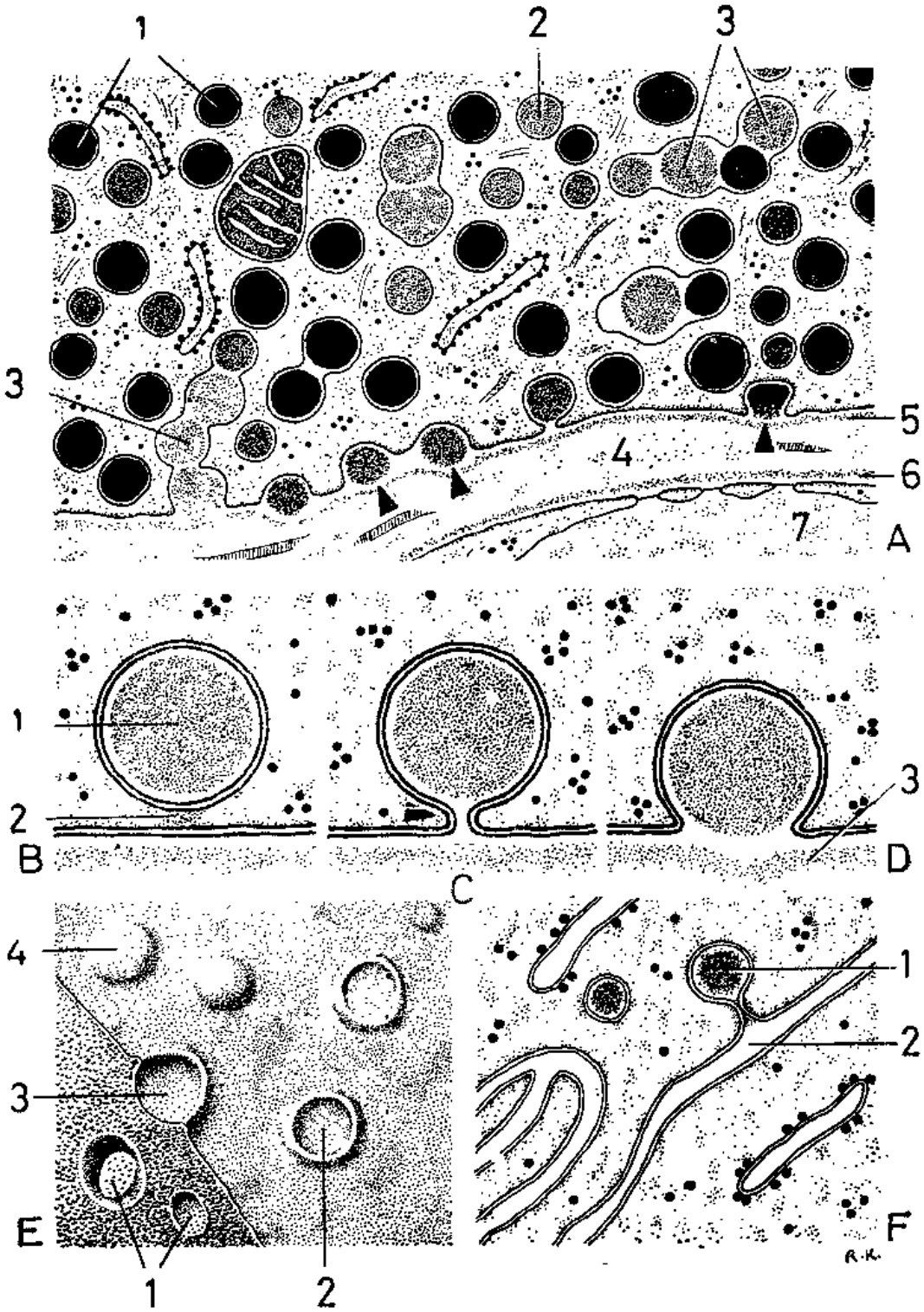
Normann, T. C.: Neurosecretion by exocytosis. *Int. Rev. Cytol.* 46, 1—77 (1976)

Orci, L.: Morphologic events underlying the secretion of peptide hormones. In: Proceedings of the Vth International Congress of Endocrinology Hamburg. James. V. H. T. (ed.). Vol. 2, pp. 7—40. Amsterdam: Exc. Med. 1976

Orci, L., Perrelet, A., Friend, D. S.: Freeze-tracture of membrane fusions during exocytosis in pancreatic B-cells. *J. Cell Biol.* 75, 23—30 (1977)

Stoeckart, R., Jansen, H. G., Kreike, A. J.: Ultrastructural evidence for exocytosis in the median eminence of the rat. *Z. Zellforsch.* 131, 99—107 (1972)

Theodosis, D. T., Dreifuss, J. J., Orci, L.: A freezefracture study of membrane events during neurohypophyseal secretion. *J. Cell Biol.* 78, 542—553 (1978)


1
2
3
3
4
5
6
7
A
1
2
B
C
3
D
4
3
E
1
2
1
2
F
R.K.

图版 165　介质(人的疏松结缔组织的肥大细胞)

A. 疏松结缔组织中含有游走细胞,后者分泌介质。在这些细胞中有肥大细胞,它们的大而丰富的颗粒 (A 1) 含有肝素(一种抗凝血剂)和介质组胺。小鼠和大鼠的肥大细胞颗粒中贮有 5-羟色胺。因为这些细胞经常紧靠毛细血管 (A 2),所以它们的生物活性因子可以迅速进入血流。

B. 在高倍放大下,肥大细胞颗粒内由嗜锇板层卷筒构成的圆筒形结构 (B 3) 更为明显。

肥大细胞在疏松结缔组织的变态反应中具有重要作用。

放大: A×20,000; B×70,000

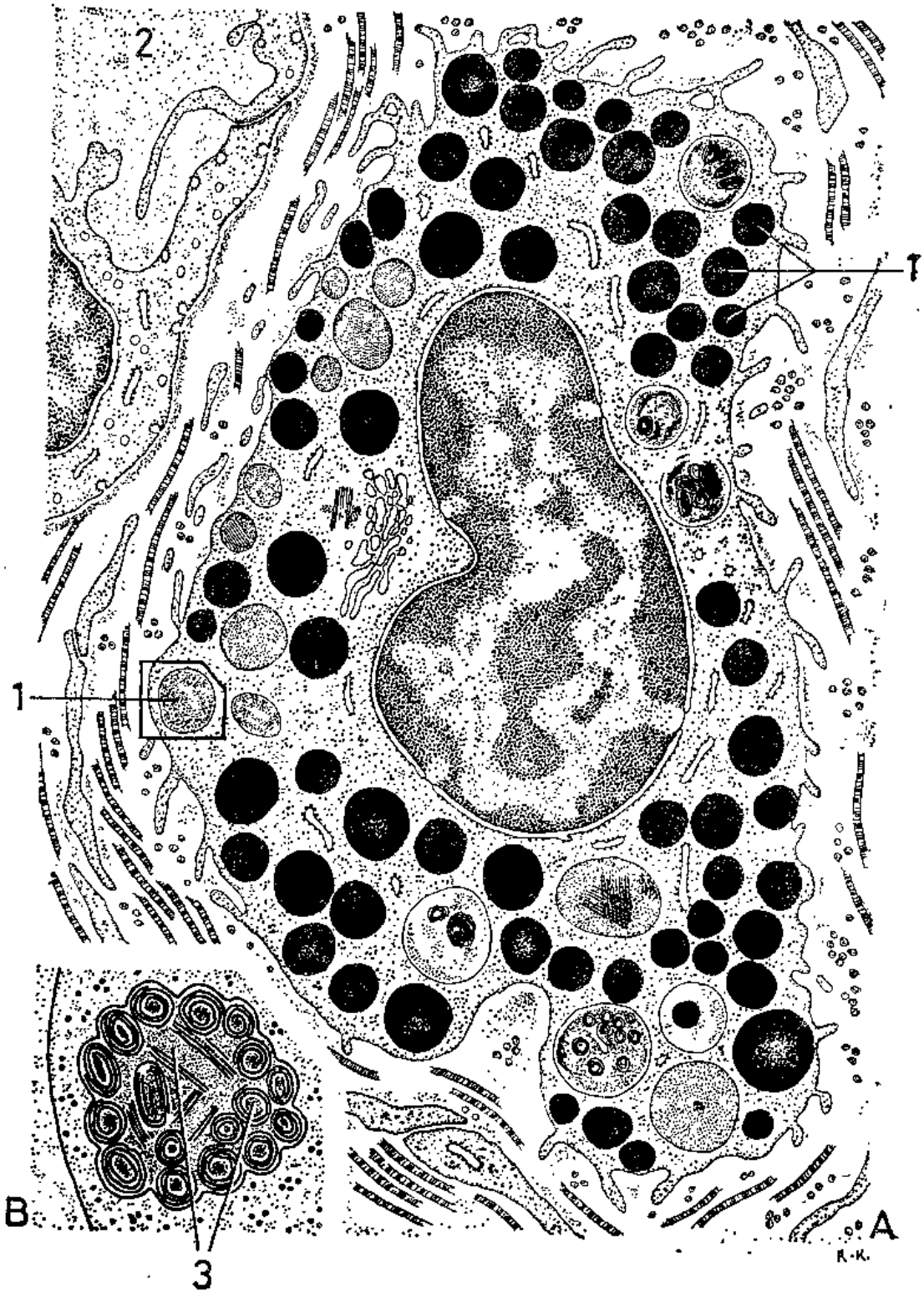
参　考　文　献

Csaba, G.: Mechanism of the formation of mast cell granules. *Acta Biol. Acad. Sci. Hung.* 22, 155—168 (1971)

Kobayasi, T., Midtgard, K., Asboe-Hansen, G.: Ultrastructure of human mast-cell granules. *J. Ultrastruct. Res.* 23, 153—165 (1968)

Lagunoff, D.: Membrane fusion during mast cell secretion. *J. Cell Biol.* 57, 252—259 (1973)

Smith, D. E.: The tissue mast cell. *Int. Rev. Cytol.* 14, 327—386 (1963)


2
1
1
B
3
A
R.K.

图版 166　自噬作用。局灶性细胞质的退变。(大鼠的间充质细胞)

在器官发育和它的整个机能活动期间都有一定数量的细胞死亡。这种生理性细胞死亡由形成一个新月状双层膜开始 (A 1)，此膜常位于近高尔基器处 (A 2)。新月状双层膜渐增大并包绕包括细胞器在内的整个细胞质区 (B—D 3)，最后把它们完全封闭起来而与周围胞质分开(C 4 和 D 4)。溶酶体 (C 5 与 D 5)和这些被包围的区域融合并开始分解被隔离开的物质 (D 4)。重复或频繁的自噬过程一般不和细胞的持续存活相一致。这一过程又称为局灶性细胞质退变(图版 58)。

放大：A×24,000；B—D×36,000

参　考　文　献

Hirsimäki, Y., Arstila, A. U., Trump, B. F.: Autophagocytosis: In vitro induction by microtubule poisons. *Exp. Cell Res.* 91, 11—14 (1975)

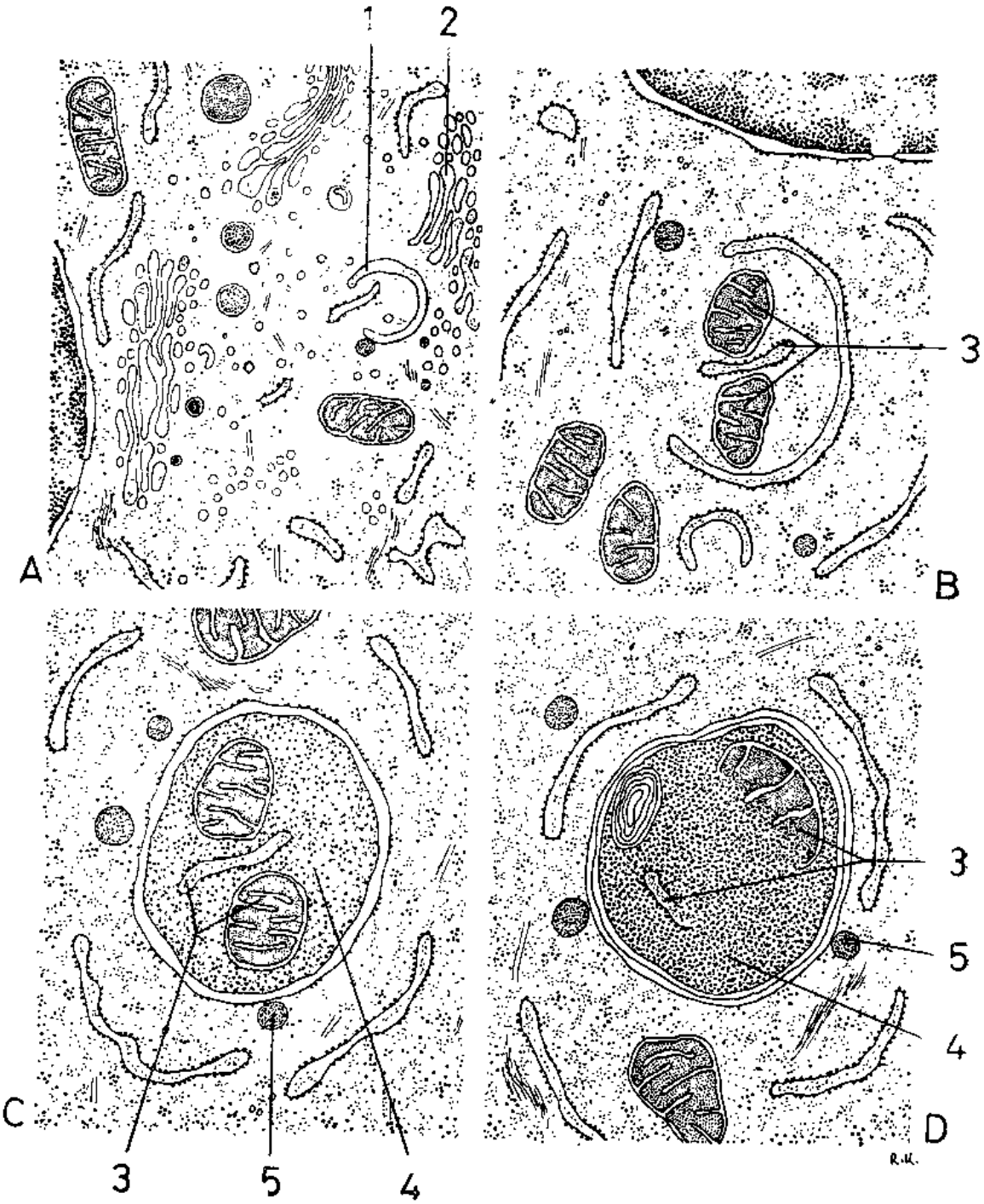
Krstić, R., Pexieder, T.: Ultrastructure of cell death in bulbar cushions of chick embryo heart. *Z. Anat. Entwicklungsgesch.* 140, 337—350 (1973)

Pfeifer, U.: Morphologische und funktionelle Aspekte der cellulären Autophagie. *Acta Morphol.* 20, 247—267 (1972)

pfeifer, U., Scheller, H.: A morphometric study of cellular autophagy including diurnal variations in kidney tubules of normal rats. *J. Cell Biol.* 64, 608—621 (1975)

Quatacker, J. R.: Formation of autophagic vacuoles during human corpus luteum involution. *Z. Zellforsch.* 122, 479—487 (1971)

Swift, H., Hruban, Z.: Focal degradation as a biological process. *Fed. Proc.* 23, 1026—1037 (1964)


1
2
A
3
B
C
3
5
4
3
5
4
D

图版 167　自噬作用。分泌物的吞噬作用。（大鼠的各种内分泌细胞）

A. 在垂体后叶内一轴突终末处可见几乎被双层膜包围的两个区域（A 1），此处细胞质内有含激素的颗粒。这一过程导致自噬泡的形成，借助于溶酶体的作用，细胞在自噬泡内破坏它们自己的产物。在一些泡内（A 2），颗粒的降解已大为明显。

B. 甲状腺C细胞内的同一过程。如果将C细胞制造的激素，即降钙素注入大鼠体内，则分泌物的排除受到抑制，而C细胞质内的颗粒数量增加。细胞的一部分分泌产物随后由自噬作用加以破坏。在这个过程中，颗粒被溶酶体吸收（B 1），并逐渐地（B 2—4）被酶降解成残留体（B 5）。

放大：A和B×42,000

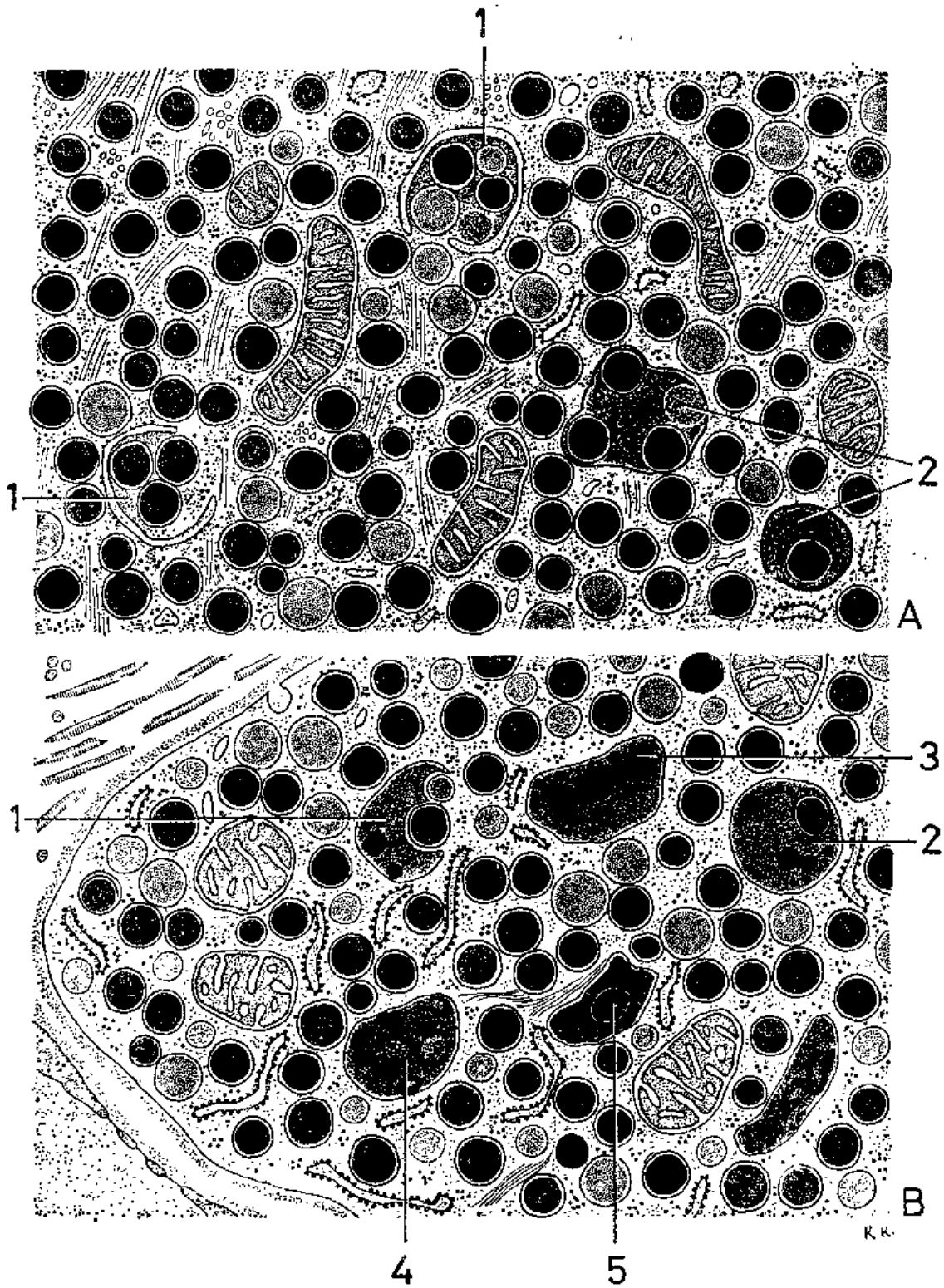
参　考　文　献

Arstila, A. U., Shelburne, J. D., Trump, B. F.: Studies on cellular autophagocytosis. *Lab. Invest.* 27, 317—323 (1972)

Orci, L., Renold, A. E., Rouiller, C.: Intracellular α-granulolysis in α-cells of diabetic animals. In: The structure and metabolism of the pancreatic islets. Falkmer,S., Hellman, B., Täljedal, I. B. (eds.): Wenner-Gren Symposium No. 16. pp. 109—114. Oxford. New York: Pergamon Press 1970

Ruffener, C.: Autophagy of secretory granules in the rat neurohypophysis. *Neuroendocrinology* 13, 314—320 (1973/74)

Smith, R. E., Farquhar, M. G.: Lysosome function in the regulation of the secretory process in cells of the anterior pituitary gland. *J. Cell Biol.* 31, 319—347 (1966)


1
1
2
A
3
1
2
B
4
5
R.K.

图版 168　异噬作用。微噬作用。（多形核嗜中性白细胞。大鼠创伤的愈合）

微噬作用一词常用来表示对外界物质中的小固体微粒(如细菌)的同化作用。在小吞噬细胞中多形核嗜中性白细胞是最为人所熟知的。它们含有许多中等嗜锇的颗粒(1),这些颗粒被认为是初级溶酶体。嗜中性白细胞伸出两个宽大的伪足(2)去包卷血纤维蛋白丝(3),然后将其在吞噬泡内溶解(4)。

可看到粒细胞的核由 3 个叶组成,各叶由核物质的窄带相连。

血纤维蛋白是血凝块的产物,是由具有周期为 240 Å 横纹的纤细原纤维(圆圈)所组成。注意明带插入两暗带(箭头)之间,并被一深染的细线分开。

放大：×20,000;圆圈×160,000

参　考　文　献

Daems, W. T.: On the fine structure of human neutrophilic leukocyte granules. *J. Ultrastruct. Res.* 24, 343- 348 (1968)

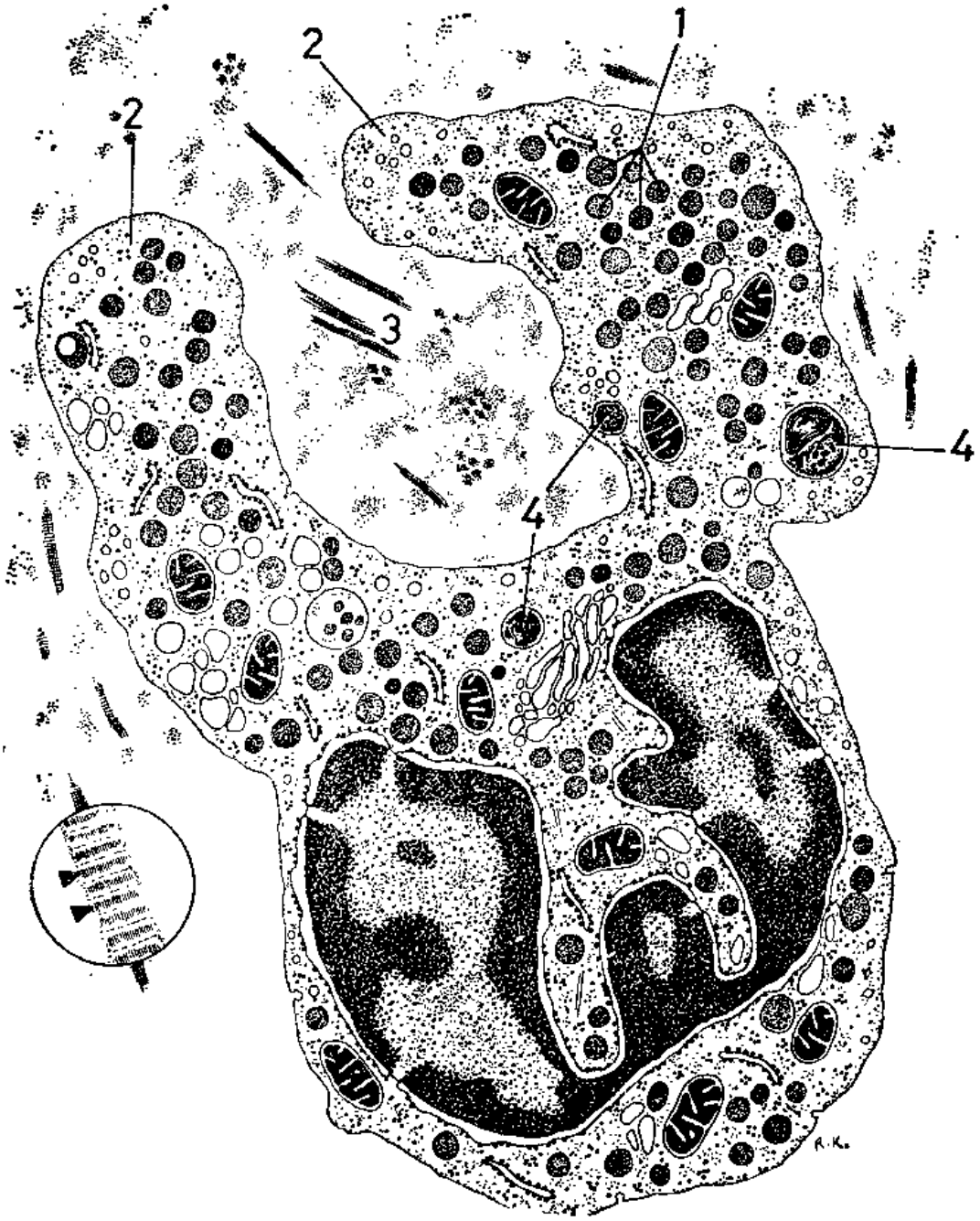
Goodall, R. J., Thompson, J. E.: A scanning electron microscopic study of phagocytosis. *Exp. Cell Res.* 64, 1—8 (1971)

Köppel, G., Vacca, J. G.: The structural water of fibrin molecules measured by heat drying and compared with derivations from electron microscopic molecular models. *Cell Tissue Res.* 149, 379—398 (1974)

Parakkal, P., Pinto, J., Hanifin, J. M.: Surface morphology of human mononuclear phagocytes during maturation and phagocytosis. *J. Ultrastruct. Res.* 48, 216—226 (1974)

Spicer, S. S., Hardin, J. H.: Ultrastructure, cytochemistry and function of neutrophil leucocyte granules. A review. *Lab. Invest.* 20, 488—497 (1969)

Spitznagel, J. K.,Dalldorf, F. G., Leffell, M. S., Folds. J. D., Welsh, I. R. H., Cooney, M. H., Martin, L. E.: Character of azurophil and specitic granules purified from human polymorphonuclear leucocytes. *Lab. Invest* 30, 774—785 (1974)


1
2
2
3
4
4
R.K.

图版 169　异噬作用。巨噬作用。(大鼠间充质的巨噬细胞)

和嗜中性有粒白细胞不同,巨噬细胞吞噬较大的颗粒,如整个死细胞或细胞碎片。

图中巨噬细胞的细胞质内有三个大泡,被吞噬的细胞在大泡内被溶酶体酶溶解。在一个吞噬溶酶体内,可辨别出被吞噬细胞的很致密的细胞核(1)和密度稍低的细胞质(2)。在其它两个吞噬溶酶体内(3 和 4),仅剩一些致密度很高的残余颗粒和板层小体。

可见几个溶酶体(5)和吞噬溶酶体的膜相接触。大吞噬溶酶体使巨噬细胞的核(6)变形。

放大: ×11,000

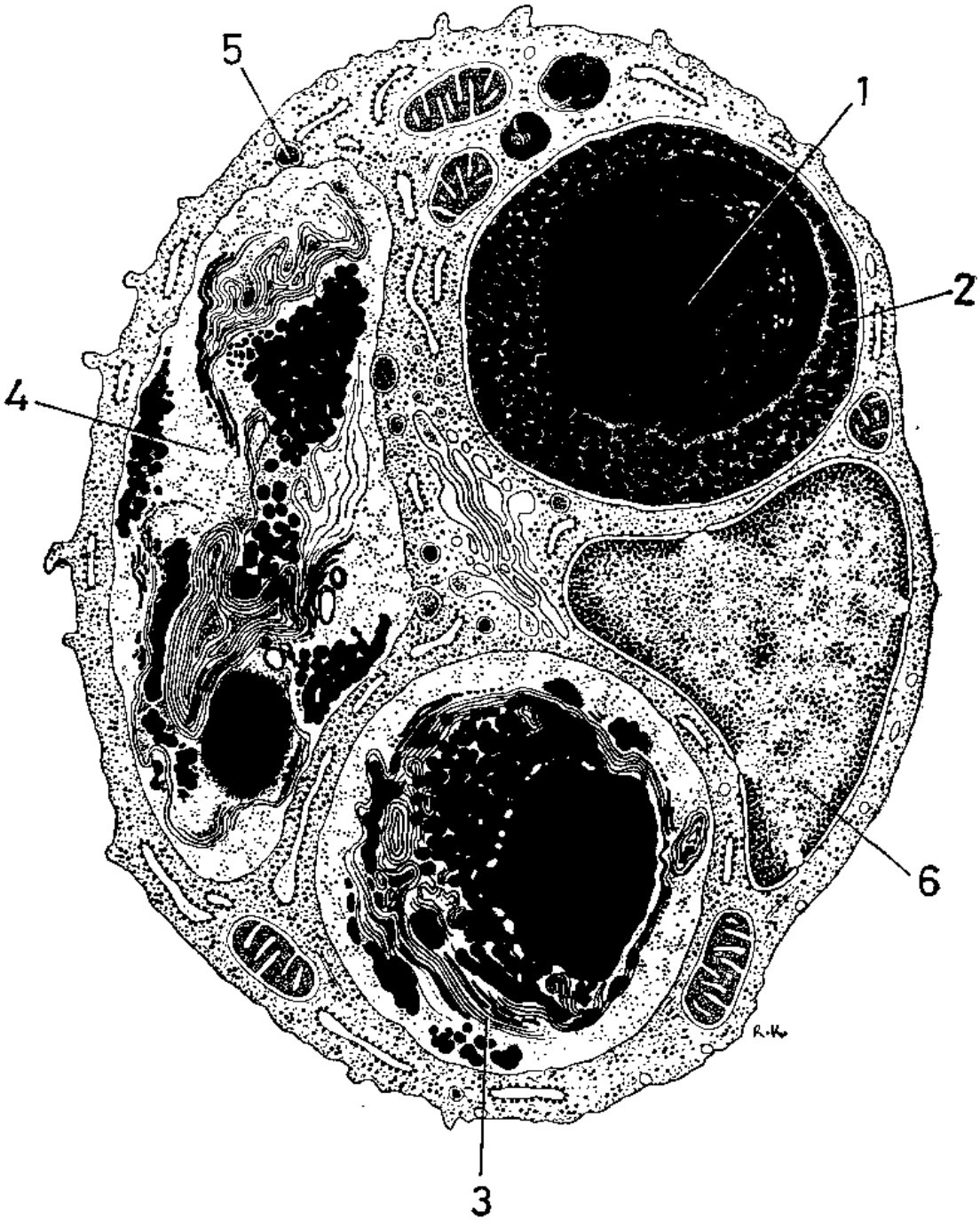
参　考　文　献

Andersen, H., Matthiessen, M. E.: The histiocyte in human foetal tissues. Its morphology, cytochemistry, origin, functions, and fate. *Z. Zellforsch.* 72, 193—211 (1966)

Dumont, A.: Ultrastructural study of the maturation of peritoneal macrophages in the hamster. *J. Ultrastruct. Res.* 29, 191—209 (1969)

Gordon, S., Cohn, Z. A.: The macrophage. *Int. Rev. Cytol.* 36, 171—214 (1973)

Reaven, E. P., Axine, S. G.:Subplasmalemmal microfilaments and microtubules in resting and phagocytizing cultivated macrophages. *J. Cell Biol.* 59, 12—27 (1973)


5
1
2
4
6
3

图版 170　动纤毛(大鼠气管的纤毛上皮细胞)

A. 气管上皮纤毛细胞(A 2)的游离面存在大量能动的纤毛(A 1)或动纤毛。长方框内部分由图 B 显示其超微结构细节。

B. 动纤毛由膜(B 1)包裹的胞突(B 2)和基体(B 3)即动体组成。虽然动纤毛的一部分可从细胞上伸出 3—20 微米不等,但直径几乎恒定为 0.2 微米。每一纤毛由周围 9 对微管(B 4)围绕中央 1 对微管(B 5)构成复杂的骨架。在低倍电镜下观察:9 对周围微管的纵切面常象一条单一的线,而中央的 1 对微管象两条平行的线在整个纤毛中延伸,几乎到达细胞表面。仅周围 9 对微管连接于基体上,基体伸出一基足(B 6)到邻近的基体。一个显示有 650 Å 周期横纹的圆锥形小根(B 7)固着在细胞质内。

C. 动纤毛的剖面好似一个具有 9 根辐条的车轮。每一动纤毛外包以单位膜(C 1)。轴丝或纤毛干由 1 对中央微管(C 5)和 9 对周围微管(C 4)所组成。中央微管外有叫做中央鞘(C 8)的细绒状物质围绕,9 对周围微管(C 4)则排列成环形。每对周围微管又由一个 A 和一个 B 微管所组成(C 的A, B),纤细的放射状物由每个 A 微管到中央鞘,就象前述的车辐状态。除其它物质外,它们还含有一种具有三磷酸腺苷酶活性的动力蛋白。

动力蛋白和微管蛋白互相引起滑动的这种机制也是造成纤毛运动的起源。纤毛运动频率可达每秒 25 次。据认为,基足可在相邻动纤毛之间传递冲动。

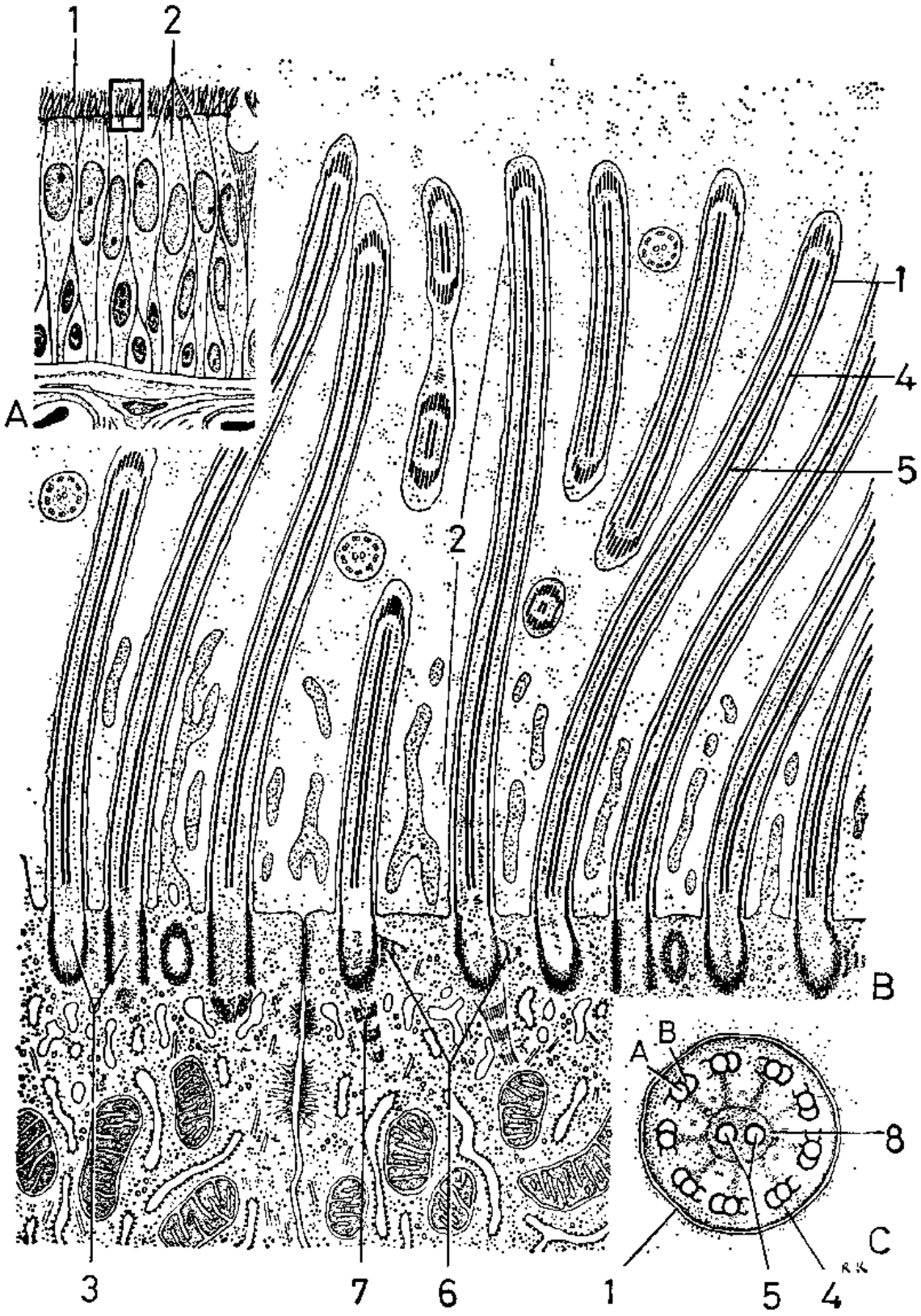
放大: A×1,300; B×20,000; C×92,000

参　考　文　献

Kuhn, C. III, Engalman. W.: The strucure of the tips of mammalian respiratory cilia. *Cell Tissue Res* 186, 491—498 (1978)

Satir, P.: Studies on cilia. III. Further studies on the cilium tip and a "sliding filament" model of ciliary motility. *J. cell Biol.* 39, 77—94 (1968)

Warner, F. D.: Ciliary inter-microtubule bridges. *J. Cell Sci.* 20, 101—114 (1976)


1
2
A
1
4
5
2
B
A
B
8
C
3
7
6
1
5
4

图版 171　动纤毛。立体图象

动纤毛的摆动装置起源于基体(1)。

象中心粒一样(图版 54 和 55)，基体由 9 组三联微管所组成，三联管的最外一条微管(2)呈旗样结构。

在顶部质膜水平(3)三联管转变成 9 个两联微管 (4)，动纤毛所特有的一对中央微管(5)大约也出现于这一水平。中央微管被包于螺旋状的中央鞘内(6)。

具有周期性横纹的小根(7)从基体伸入细胞质。许多叫作胞质支突(8)的分枝状微绒毛突起位于动纤毛之间。 注意，还可看到微胞饮泡 (9)、滑面内质网小管 (10)、线粒体(11)和一连接复合体(12)(图版 109 和 110)。

放大：×50,000

参　考　文　献

Anderson. R. G. W.: The three-dimensional structure of the basal body from the rhesus monkey oviduct. *J. Cell Biol* 54, 246—265 (1972)

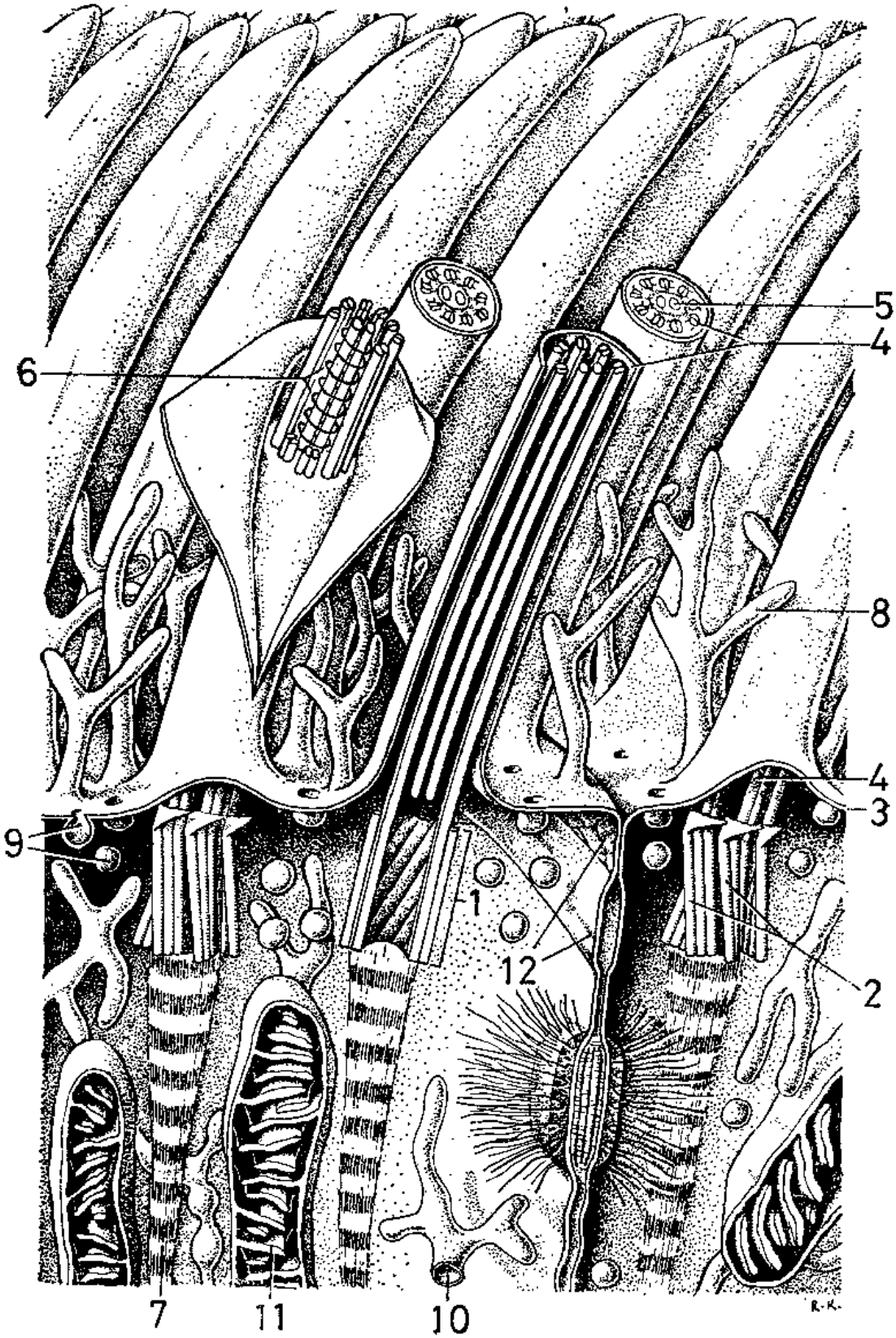
Anderson, R. G. W.: Isolation of ciliated or unciliated basal bodies from the rabbit oviduct. *J. Cell Biol.* 60, 393—404 (1974)

Anderson, R. G. W., Brenner, R. M.: The formation of basal bodies (centrioles) in the rhesus monkey oviduct. *J. Cell Biol.* 50, 10—34 (1971)

Andrews, P. M.: A scanning electron microscopic study of the extrapulmonary respiratory tract. *Am. J. Anat.* 139, 399—424 (1974)

Satir, P.: How cilia move. *Sci. Am.* 231, 44—52 (1974)

Vacek, Z.: Ciliogenesis. *Folia Morphol.* (Praha) 21, 247—260 (1973)


5
4
6
8
4
3
9
1
12
2
7
11
10

图版 172　动纤毛的衍生物(大鼠嗅上皮中感觉细胞的嗅纤毛)

嗅细胞的纤毛(1)和动纤毛的基本结构一样。嗅纤毛从延伸到上皮表面以上的嗅小结处(2)呈辐射状突出。虽然在有些动物其嗅纤毛可长达 50 微米，而在人类它们却仅长约 2—5 微米，但可以和其它动纤毛一样粗。在距嗅小结几个微米处，动纤毛的典型结构被 11 个单微管(单管)所代替。随着距离的增加，微管数量减少(箭头)。嗅纤毛的基体(3)位于嗅小结内。动纤毛被许多支持细胞的微绒毛突起(4)所围绕。分泌颗粒(5)被排出到上皮表面并形成一粘液层，散发气味的物质在这里溶解，并通过嗅纤毛作用于感觉细胞。

嗅细胞是一种周围神经元，它的嗅小结和有限的能动纤毛相当于树突。

放大：×9,500

参　考　文　献

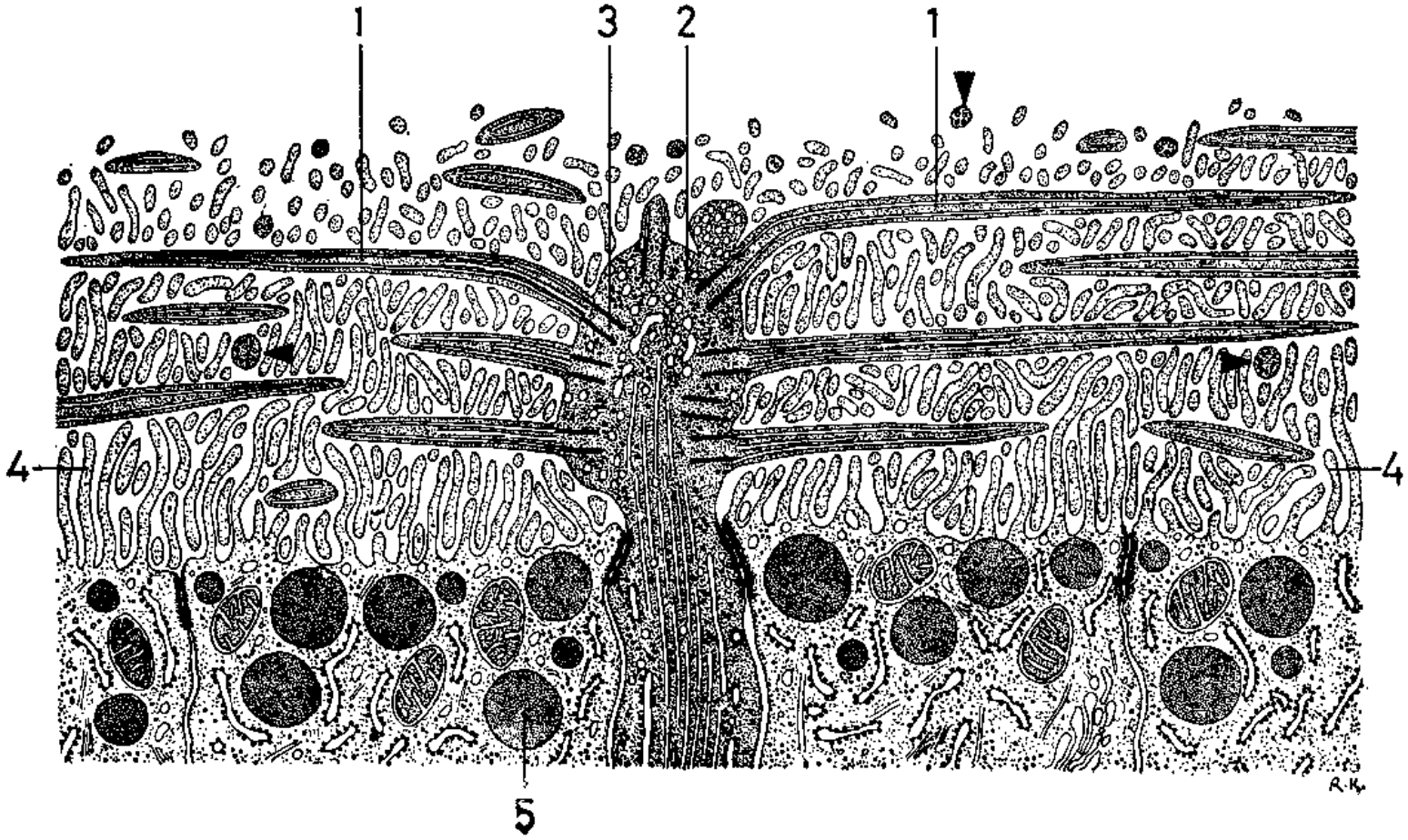
Adams, D. R.: Olfactory and non-olfactory epithelia in the nasal cavity of the mouse. *Am. J. Anat.* 133, 37—50 (1972)

Andres, K. H.: Der oltaktorische Saum der Katze. *Z. Zellforsch.* 96. 250—274 (1969)

Frisch. D.: Ultrastructure of mouse olfactory mucosa. *Am. J. Anat.* 121, 87—120 (1967)

Reese, T. S., Brightman, M. W.: Olfactory surface and central olfactory connections in some vertebrates. In: Taste and smell in vertebrates. Wolstenholme, G. E. W., Knight, J. (eds.), London: Churchill 1970

Seifert, K., Ule, G.: Die Ultrastruktur der Riechschleimhaut der neugeborenen und jugendlichen weißen Maus. *Z. Zellforsch.* 76, 147—169 (1967)


1
3
2
1
4
4
5
R.K.

图版 173　动纤毛的衍生物(大白鼠视网膜杆细胞的外节)

A. 用光学显微镜观察大鼠视网膜的一部分，可见杆细胞 (A 1) 和色素上皮 (A 2) 紧密接触。本例示白化大鼠，其上皮层缺少色素。在外界膜 (A 3) 之上可见杆细胞的外节 (A 4) 和内节 (A 5)。方框区的超微结构细节示于 B 图。

B. 外节 (B 4) 和内节 (B 5) 由柄 (B 6) 连接。这个连接部分的基本结构除缺少一对中央微管外，和动纤毛的结构相似。内节有带小根 (B 8) 的基体 (B 7)。虽然杆细胞和锥细胞都不具分裂能力，但它们在基体附近都有一中心粒 (B 9)。外节是纤毛膨大的部分，具有脂蛋白板组成的薄片状结构 (B 10)，并被包于细胞膜 (B 11) 内。注意色素上皮的长的细胞突起 (B 12) 进入外节之间的间隙内。

放大：A × 800；B × 15,000

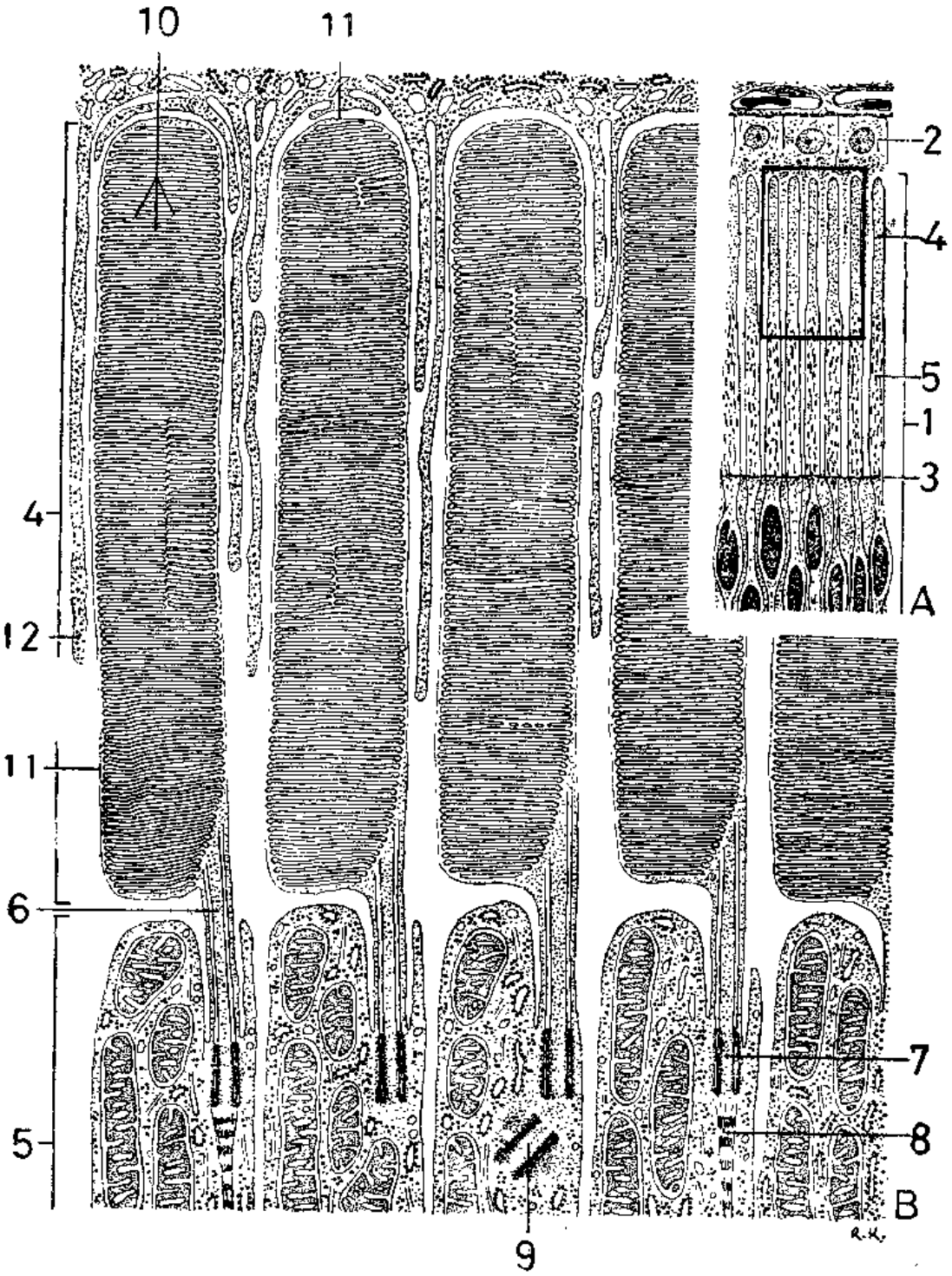
参　考　文　献

Hollenberg, M. J., Bernstein, M. H.: Fine structure of the photoreceptor cells of the ground squirrel (Citellus tridecemlineatus tridecemlineatus). *Am. J. Anat.* 118, 359—374 (1966)

Murray, R. G., Jones, A. E., Murray, A.: Fine structure of photoreceptors in the owl monkey. *Anat. Rec.* 175, 673—696 (1973)

Wolken, J. J.: The photoreceptor structures. *Int. Rev. Cytol.* 11, 195—218 (1961)

Young, R. W.: The renewal of rod and cone outer segment in the Rhesus monkey. *J. Cell Biol.* 49, 303—318 (1971)


10
11
2
4
5
1
3
A
4
12
11
6
5
7
8
B
9

图版 174　精子的鞭毛(人的精子)

精子的鞭毛或尾部，其结构和动纤毛相似，以挥动鞭子似的运动方式推动生殖细胞前进。

A. 精子的图象。可见顶体 (A 1)、颈段 (A 2) 和中段 (A 3)。后两部分的结构在图版 4 和图版 14 已描述。尾部 (A 4) 圈内的部分相当于 B—F。

B. 精子中段和尾的连接区，在前者，切面通过螺旋状排列的线粒体 (B 5)。更远端处，这些线粒体被间隔规则的环形肋骨样结构 (B 6) 所代替，形成纤维鞘。

尾部主段的近侧部有 9 条外周致密的纤维 (B 7) 和一轴丝。和动纤毛一样，轴丝由 9 对外周微管 (B 8) 和 1 对中央微管 (B 9) 所组成。轴丝双体来源于远侧中心粒(图版 4 和 14)。为了更好地表明其细节，质膜 (B 10) 的大部分被去掉。

C. 通过精子尾部主段的横切面，此处只显示出 7 条外周致密纤维，而不是 9 条。据认为第 3 条和第 8 条变成纵行柱 (C 11)。周围成对的微管 (C 8) 是由 A 和 B 两条微管所形成，前面的一条色稍深。嗜锇物质从 A 微管向中央微管 (C 9) 延伸，并含有动力蛋白，这是和动纤毛内所见的一样的收缩蛋白(图版 170)。

D. 精子尾部主段的近段和远段之间的过渡区域。打开纤维鞘 (D 6) 展示外周致密纤维的末端 (D 7) 和轴丝 (D 8 和 D 9)的连续。

E. 标志精子尾部主段向终段过渡的部分。在这里纤维鞘 (E 6) 终止，所以从此处起轴丝 (E 8 和 E 9) 只由细胞膜 (E 10) 覆盖。微管的对称与排列仍保持不变。

F. 在终段逐渐变细的末端内，微管 (F 12) 数目减少并且排列不规则。

精子活动所需的能量由螺旋状线粒体供给。很可能纤维鞘和动力蛋白一道代表负责尾部运动的可收缩成分。这样，轴丝就可以很好地发挥将冲动从颈段下达到运动装置的传导者的作用。

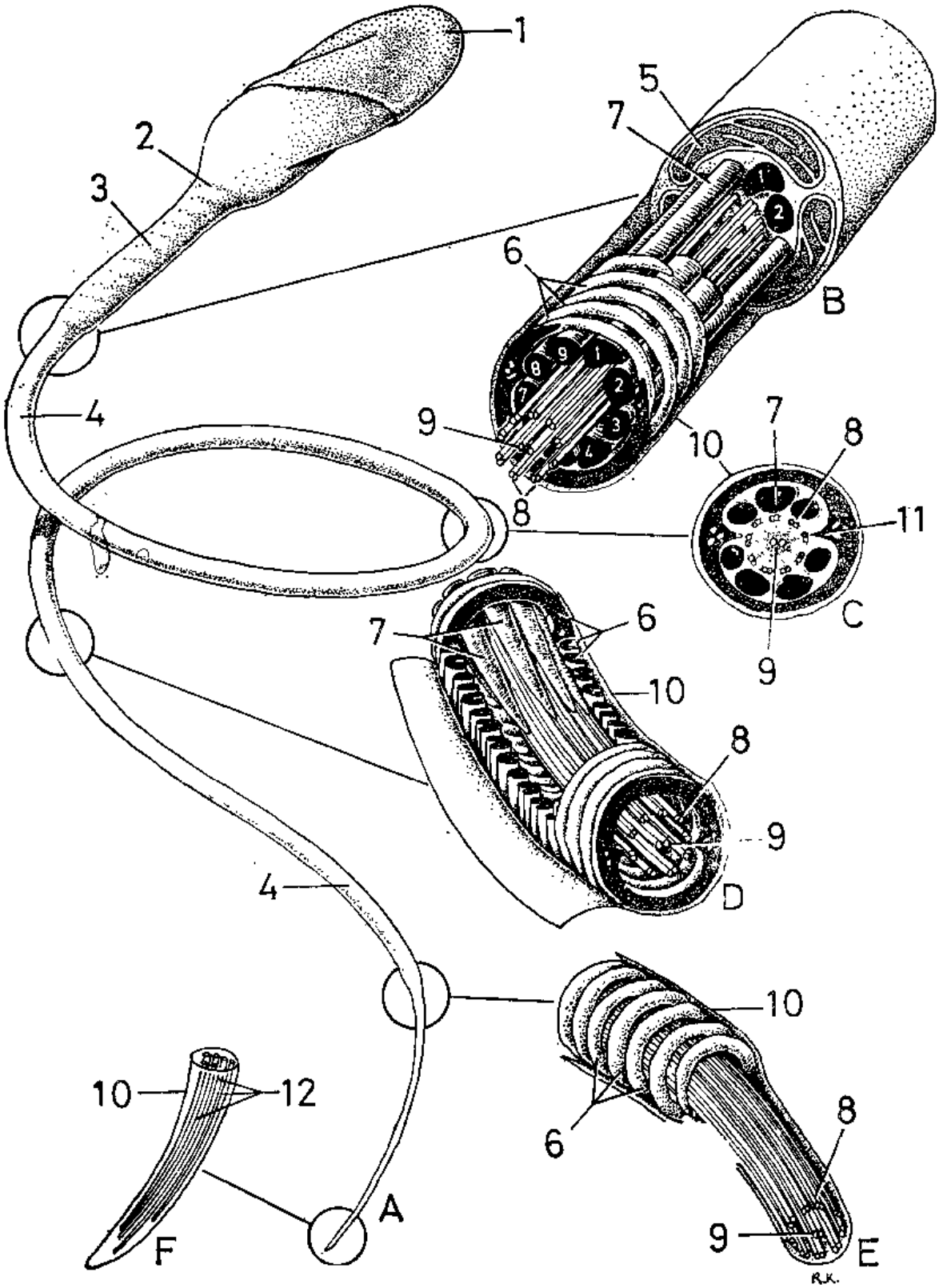
放大：A × 8,000；B—F × 20,000

参　考　文　献

Fawcett, D. W.: The anatomy of the mammalian spermatozoon with particular reference to the guinea pig. *Z. Zellforsch.* 67, 279—296 (1965)

Fujita, T., Miyoshi, M., Tokunaga, J.: Scanning and transmission electron microscopy of human ejaculate spermatozoa with special reference to their abnormal forms. *Z. Zellforsch.* 105, 483—497 (1970)

Zamboni, L., Zemjanis, R., Stefanini, M.: The fine structure of monkey and human spermatozoa. *Anat. Rec.* 169, 129—154 (1971)


1
2
3
4
5
7
6
B
9
10
8
11
C
7
6
10
8
9
D
4
10
6
8
9
E
10
12
F
A
R.K.

VI. 细　胞　死　亡

图版 175　增殖区的活软骨细胞(大鼠的软骨内骨化)

取自同一组织块的两个软骨细胞,说明活细胞和死细胞的形态区别。

A. 软骨内(间接的)骨化时增殖区的一个功能活跃的软骨细胞(A 1)的光镜形象。方框 2 圈起来的细胞显示于图版 176。

B 软骨细胞的超微结构特征包括:一个结构完整的细胞核(B 1)、丰富的粗面内质网(B 2)、高尔基复合体(B 3)和线粒体(B 4)。另外,还有溶酶体(B 5)和糖原颗粒(B 6)。细胞被无数的胶原微纤维(B 7)环绕。颗粒聚集物(B 8)最终发育成基质颗粒(图版 138)。

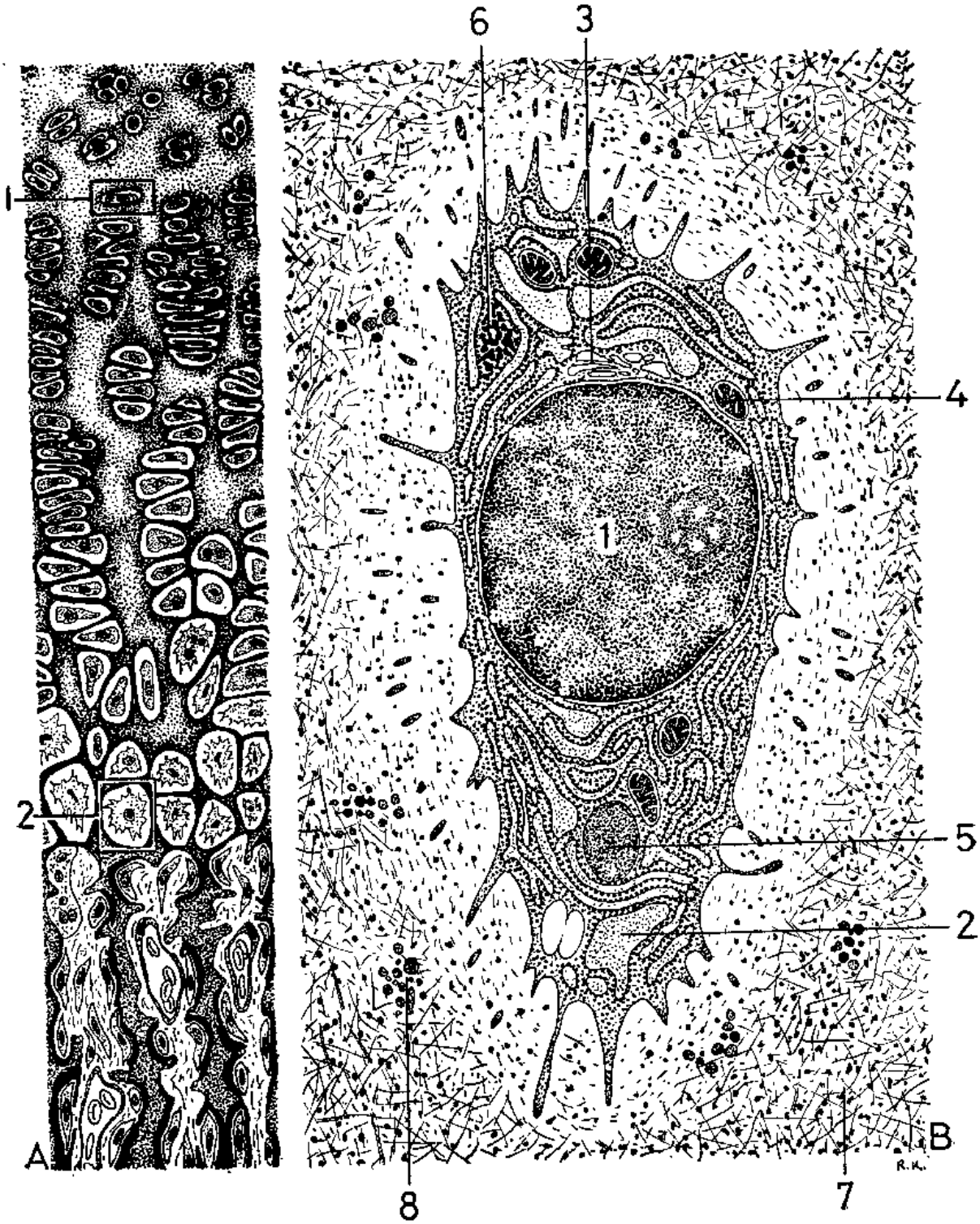
放大: A × 200; B × 12,000

参　考　文　献

Anderson. H. C.: Vesicles associated with calcification in the matrix of epiphyseal cartilage. *J. Cell Biol* 41, 59—72 (1969)

Paltrey, A. J., Davies, D. V.: The tine structure of chondrocytes. *J. Anat.* 100, 213—226 (1966)

Thyberg, J., Nilsson, S., Friberg, U.: Electron microscopic studies on Guinea pig rib cartilage. *Z. Zellforsch.* 146, 83—102 (1973)


6
3
1
4
1
2
5
2
A
B
8
7
R.K.

图版 176　钙化区的死软骨细胞(大鼠的软骨内骨化)

本图版所显示的是在图版 175 中用方框 2 所标志的细胞的电镜观察。这个细胞取自具有钙化基质(1)的软骨细胞肥大区，此区整个细胞间质的逐渐钙化，导致代谢活动逐渐减弱，而最终导致细胞死亡。

在这个过程中，核变得非常不规则，染色质形成各种大小的浓密块状。核膜破碎(箭头)，线粒体肿胀(2)，粗面内质网(3)变成紊乱的，具很少核蛋白体的致密带。细胞质内出现众多空泡。空泡的膜和质膜有许多地方断裂(长箭头)。偶尔溶酶体(4)还存在，但是，糖原消失。在右下方和左下方可见几群基质颗粒(5)。它们参与基质钙化。

放大：×12,000

参　考　文　献

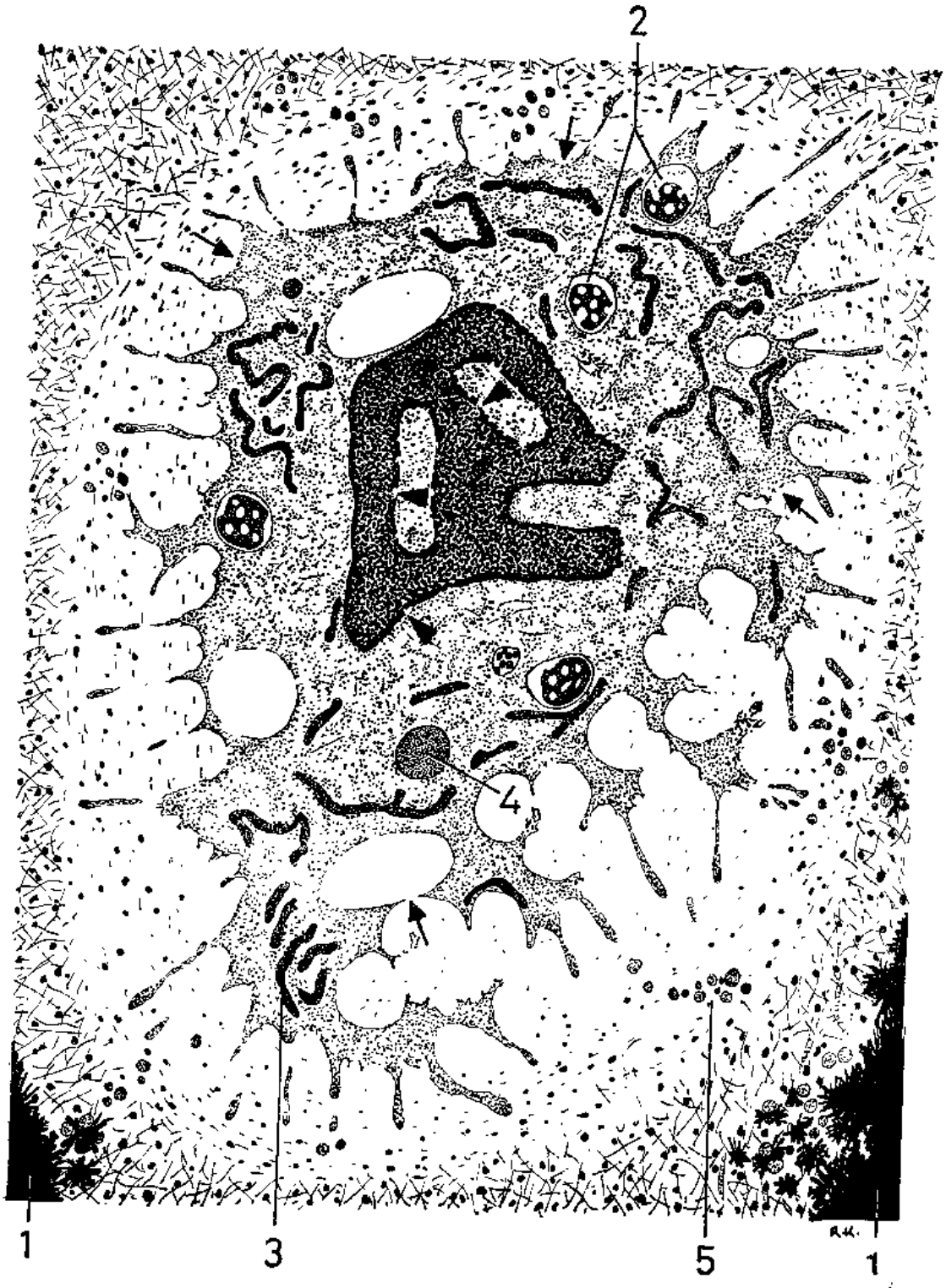
Bellamy, D.: Ageing. In: The Cell in Medical Science. Beck, F., Lloyd, J. B. (eds.). Vol. 2, pp. 313—350. London, New York: Academic Press 1974

Palfrey, A. J., Davies, D. V.: The structure of chondrocytes. *J. Anat.* 100, 213—226 (1966)

Rothstein, M.: Aging and the alteration of enzymes: A review. Mech. Ageing Dev. 4, 325—338 (1975)

Schenk, R. K., Spiro, D., Wiener, J.: Cartilage resorption in the tibial epiphyseal plate of growing rats. *J. Cell Biol.* 34, 275—291 (1967)

Sulkin, N. M.: La sénescence, reflet d'altérations cellulaires. *Triangle* 8, 304 312 (1968)


2
4
1
3
5
1

一般参考文献

ALLEN, J.M. (ed.): Molecular organization and biological function. New York, Evanston, London: Harper & Row 1967

BABEL, J., BISCHOFF, A., SPOENDLIN, H.: Ultrastructure of the peripheral nervous system and sense organs. Stuttgart: Thieme 1970

BARGMANN, W.: Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen, 7th ed. Stuttgart: Thieme 1977

BIELKA, H. (ed.): Molekulare Biologie der Zelle. Jena: VEB Fischer 1969

BLOOM, W., FAWCETT, D.W.: A textbook of histology, 10th ed. Philadelphia: Saunders 1975

BREATNACH, A.S.: An atlas of the ultrastructure of human skin. London: Churchill 1971

BUCHER, O.: Cytologie, Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen. 9th ed. Bern, Stuttgart, Vienna: Huber 1977

CONSTANTINIDES, P.: Functional electronic histology. Amsterdam, Oxford, New York: Elsevier 1974

DEROBERTIS, E.D.P., NOWINSKI, W.W., SAEZ, F.A.: Cell Biology, 5th ed. Philadelphia, London: Saunders 1975

EBE, T., KOBAYASHI, S.: Fine structure of human cells and tissues. Tokyo: Igaku Shoin 1972

FAWCETT, D.W.: Die Zelle. Ein Atlas der Ultrastructur. Munic, Berlin, Vienna: Urban & Schwarzenberg 1969

FORSSMANN, W.G., HEYM, C.: Grundriß der Neuroanatomie, 2nd ed. Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1975

FREEMAN, W.H., BRACEGIRDLE, B.: An atlas of histology. London: Heinemann 1969

GANONG, W.F.: Medizinische Physiologie, 2nd ed. Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1972

HAM, A.W.: Histology, 7th ed. Philadelphia, Toronto: Lippincott 1974

HAMILTON, W.J., BOYD, J.D., MOSSMAN, H.W.: Human embryology, 4th ed. Cambridge: Hefer & Sons 1972. Baltimore: Williams & Wilkins 1972

HAYAT, M.A. (ed.): Principles and techniques of electron microscopy. Biological applications, Vols. 1–6. New York: Van Nostrand Reinhold 1970–1976

HAYAT, M.A. (ed.): Principles and techniques of scanning electron microscopy, Vols. 1–5. New York: Van Nostrand Reinhold 1970–1976

HIRSCH, G.C., RUSKA, H., SITTE, P. (eds.): Grundlagen der Cytologie. Jena: VEB Fischer 1973

KARLSON, P.: Biochemie für Mediziner und Naturwissenschaftler, 10th ed. Stuttgart: Thieme 1977

KLIMA, J.: Einführung in die Cytologie. Stuttgart: Fischer 1970

KOEHLER, J.K. (ed.): Biological electron microscopy. Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1973

KRSTIĆ, R.V.: Die Gewebe des Menschen und der Säugetiere. Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1978

LAGUENS, R.P., GÓMEZ DUMM, C.L.A.: Atlas of human electron microscopy. St. Louis: Mosby 1969

LANGMAN, J.: Medizinische Embryologie, 5th ed. Stuttgart: Thieme 1977

LENTZ, T.L.: Cell fine structure. An atlas of drawings of whole-cell structure. Philadelphia, London, Toronto: Saunders 1971

LEONHARDT, H.: Histologie und Cytologie des Menschen, 5th ed. Stuttgart: Thieme 1977

MAILLET, M.: Abrégé de cytologie. Paris: Masson 1975

MATTHEWS, J.L., MARTIN, J.H.: Atlas of human histology and ultrastructure. Philadelphia: Lea & Febiger 1971

METZNER, H. (ed.): Die Zelle. Struktur und Funktion. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft 1971

MILLONIG, G.: Laboratory manual of biological electron microscopy. Vercelli: Saviolo 1976

MOTTA, P.: Anatomia microscopica. Atlante di microscopia ottica ed elettronica, 2nd ed. Milano: Francesco Vallardi 1977

MOTTA, P., ANDREWS, P.M., PORTER, K.R.: Microanatomy of cell and tissue surfaces: An atlas of scanning electron microscopy. Philadelphia: Lea & Febiger 1977

ORCI, L., PERRELET, A.: Freeze-etch histology. A comparison between thin sections and freeze-etch replicas. Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1975

PORTER, K.R., BONNEVILLE, M.A.: Einführung in die Feinstruktur von Zellen und Geweben, 2nd ed. Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1965

REALE, E.: Elektronenmikroskopie der Zellen und Gewebe. Stuttgart: Fischer 1973

RHODIN, J.A.G.: Histology. A text and atlas. London, Toronto, New York: Oxford University Press 1974

ROHEN, J.W.: Funktionelle Anatomie des Nervensystems. Ein kurzgefaßtes Lehrbuch nach funktionellen Gesichtspunkten für Studierende und Ärzte. Stuttgart, New York: Schattauer 1971

ROSENBAUER, K.A., KEGEL, H.B.: Rasterelektronenmikroskopische Technik. Stuttgart: Thieme 1978

SANDBORN, E.B.: Cells and tissues by light and electron microscopy. Vols. I and II. New York, London: Academic Press 1970

SCHADE, J.P.: Die Funktion des Nervensystems. Stuttgart: Fischer 1971

SCHIEBLER, T.H. (ed.): Lehrbuch der gesamten Anatomie des Menschen. Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1977

TONER, P.G., CARR, K.E.: Cell structure. An introduction to biological electron microscopy. Edinburgh, London: Livingstone 1971

TRÄGER, L.: Einführung in die Molekularbiologie, 2nd ed. Stuttgart: Fischer 1975

WEISS, L., GREEP, O.R.: Histology. 4th ed. New York: McGraw-Hill 1977

WILLIS, R.A., WILLIS, A.T.: The principles of pathology and bacteriology. London: Butterworths 1972

原 书 目 录

（本目录阿拉伯数码系指图版序号）

电镜技术导言

I. 细胞　一般描述

II. 细胞的内部结构

核质(细胞核)

形态与结构 …… 2

核的数目 …… 5

纤维性板 …… 6

核孔 …… 8

核的丢失 …… 9

无核细胞 …… 10

核仁 …… 11

细胞质

细胞器

具有嵴的线粒体 …… 12

基本粒 …… 17

具小管的线粒体 …… 20

具小囊的线粒体 …… 23

具棱柱体的线粒体 …… 24

线粒体基质 …… 25

高尔基器 …… 27

高尔基区 …… 30

GERL 复合体 …… 32

粗面内质网 …… 35

动质 …… 44

滑面内质网 …… 46

肌质网 …… 50

环层板 …… 51

中心粒 …… 54

溶酶体与过氧化物酶体 …… 56

多泡体 …… 60

特殊的内皮细胞细胞器 …… 61

后成质

微管 …… 62

微丝

张力丝 …… 67

神经胶质丝 …… 68

肌丝 …… 69
副质
色素
黑色素 …… 75
脂褐素 …… 77
脂类 …… 78
结晶体 …… 81
III. 细胞表面
细胞膜
结构 …… 82
髓鞘的形成
周围神经系统内的髓鞘形成 …… 86
中枢神经系统内的髓鞘形成 …… 89
基底迷路 …… 90
血小板的形成 …… 91
细胞内的细胞膜储备 …… 92
细胞衣
糖盖 …… 93
表面活化剂 …… 94
基板 …… 95
小皮 …… 97
细胞表面的增加
微绒毛 …… 100
静纤毛及其衍生物 …… 105
细胞间连接
上皮细胞的连接复合体 …… 109
闭锁小带 …… 111
融合膜 …… 113
桥粒 …… 115
细胞间桥 …… 117
基底面的特化物 …… 118
突触 …… 119
神经肌肉连接 …… 129
IV. 细胞外间隙
细胞外成分
胶原纤维。胶原合成 …… 132
胶原纤维。胶原结构单位 …… 133
弹性纤维 …… 136
胶原原纤维和基质的钙化 …… 138
V. 细胞生理学
有丝分裂 …… 140

减数分裂…… 145
微胞饮与巨胞饮作用…… 147
变形运动…… 152
蛋白质合成…… 153
分泌…… 154
漏出分泌 …… 155
顶分泌 …… 156
全分泌 …… 157
角化 …… 158
排泄途径 …… 160
内分泌 …… 163
自噬作用…… 166
异噬作用
微噬作用 …… 168
巨噬作用 …… 169
动纤毛及衍生物…… 170
精子鞭毛 …… 174
Ⅵ. 细胞死亡…… 175
一般参考文献